Die technik des altertums, von dr. Albert Neuburger. Mit 676 ...

Albert Neuburger

Die Technik des Attentums

Dr. Albert Hamburger

Arzt, Leiter Klinik

für Attentate

Leipzig

Verlagsdruck Christian & Co. Ltd.

UNIV. OF CALIFORNIA

Copyright 1919 by R. Voigtländer's Verlag in Leipzig.

Ausgabe auf holzfreiem Papier.
Einband nach Entwurf von Erich Gruner. Schutzumschlag von Walter Naumann. Druck von J. B. Hirschfeld (A. Pries), sämtlich in Leipzig.
6476

Digitized by Google

Vorwort.

So eingehend und liebevoll man sich auch seit den Tagen der Renaissance und der großen Humanisten mit dem Altertum beschäftigt hat, so ist doch eines der bedeutendsten Gebiete dieses Entwicklungsraumes ziemlich links liegengeblieben: Die Technik des Altertums. Erst in neuerer Zeit hat man begonnen, sich mehr und immer mehr mit ihr zu beschäftigen. Dabei hat sich im vollsten Sinne des Wortes eine Wunderwelt offenbart, die uns einen tiefen Einblick in das hohe Wissen und die außerordentlichen Fertigkeiten vergangener Zeiten gewährt.

Die Ursachen, warum es so lange dauerte, bis man dieses Gebiet zu durchforschen und zu würdigen begann, sind in mancherlei Umständen begründet. Als die großen Humanisten des 15. Jahrhunderts die Aufmerksamkeit von neuem auf das Altertum und insbesondere auf jenen Zeitabschnitt lenkten, den man heute unter der Bezeichnung des „klassischen Altertums" zusammenfaßt, da waren es zunächst die Schönheit der Sprache und dann die Schönheit der Kunst, die die Geister in erster Linie fesselten. Die technischen Einblicke, die sich dabei zeigten, vermochten zunächst noch keinen besonderen Anreiz auszuüben. Das „Zeitalter der Technik" war eben noch nicht angebrochen, die Geisteswissenschaften allein beherrschten die Gemüter. Aber auch schon damals waren es die großen Techniker jener Zeit, die zuerst auf die hohen technischen Fertigkeiten der alten Völker aufmerksam wurden, die sie mit Eifer studierten und ihren Zwecken dienstbar zu machen suchten. Insbesondere waren es die Baumeister, die in den Werken des Vitruvius mancherlei Anregung fanden, und vom größten aller Techniker der Renaissancezeit, von Leonardo da Vinci, hat Werner[1]) den Nachweis zu bringen versucht, daß seine Technik sowie ihre Grundlagen, nämlich sein mathematisches, physikalisches und sonstiges naturwissenschaftliches Können, auf eingehenden Studien arabischer Gelehrter sowie solcher des Altertums beruhten.

Aber noch ein weiterer Umstand hat dazu beigetragen, daß die Technik des Altertums nicht schon früher eingehend erschlossen worden ist. Die Techniker, die sich mit diesem Gegenstande beschäftigten, verfügten vielfach nicht über die nötigen Sprachkenntnisse oder hatten keine Gelegenheit, tiefer in die sprachwissenschaftliche Seite der alten technischen Fachausdrücke einzudringen. Die Philologen hingegen, die zwar über das nötige sprachwissenschaftliche Rüstzeug verfügten, waren ihrerseits wiederum technisch nicht genügend vorgebildet, um das große Gebiet der alten Technik erschöpfend zu behandeln. So kommt es, daß die Bedeutung mancher technischen Fachausdrücke (es sei als Beispiel nur an die Bezeichnungen „aes", „nitrum", „byssos" usw. usw. erinnert) erst in neuerer Zeit vollkommener geklärt werden konnte. Freilich gibt es von den beiden großen Gruppen der Berufenen — der Techniker und Philologen — Ausnahmen: wir brauchen in dieser Hinsicht nur auf Techniker wie Diergart und auf Philologen wie Blümner, Reber usw. usw. hinzuweisen —, aber ihre so verdienstvolle Arbeit konnte natürlich nicht genügen, um dieses ganze große Gebiet auch nur einigermaßen erschöpfend zu erschließen.

[1]) Werner, Zur Physik Leonardo da Vincis. Berlin.

666364

Digitized by Google

Erſt in neuerer Zeit iſt durch die Arbeit vieler und beſonders dadurch, daß auch Techniker Geſchmack an Forſchungen über die alte Technik fanden, ſowie durch die Ausdehnung der Arbeiten auf die Völker des alten Orients ein weitgehender und ziemlich umfaſſender Einblick in die techniſche Entwicklung des Altertums gewonnen worden. Die Arbeiten ſind aber ganz außerordentlich zerſplittert, ſowohl ihrem Inhalte wie dem Orte nach, wo ſie zur Veröffentlichung gelangten. Während der eine Forſcher wie z. B. Le Chatelier in der Hauptſache über alte Tonwaren arbeitet, beſchäftigt ſich der andere (Kaßner) mit alten Tinten, der dritte (Berger) mit der alten Wachsmalerei uſw. uſw. Schon dieſer Umſtand ließ es wünſchenswert erſcheinen, die ſo zerſtreuten und vielfach mehr oder minder unzulänglichen Veröffentlichungen zu ſammeln und das ganze Gebiet einmal in möglichſt weitem Umfange zuſammenfaſſend zu behandeln. Wenn der Verfaſſer dieſes Wagnis unternommen hat, ſo glaubt er die Berechtigung daraus herleiten zu dürfen, daß er ſich faſt zwei Jahrzehnte lang mit der Technik des Altertums beſchäftigte, daß er von Beruf Techniker iſt, und daß er vielfache techniſch-philologiſche Studien getrieben hat. Er hofft, daß es ihm gelungen ſein möge, durch dieſe Zuſammenfaſſung ſowie auf Grund eigener Erfahrungen ein Werk zu ſchaffen, das für den Gelehrten und Techniker eine Grundlage zu weiteren Arbeiten, für die Allgemeinheit aber hoffentlich der Anreiz zu eingehender Beſchäftigung mit dem großen, in ſeinen Einzelheiten ſo ſchönen, in ſeinen Leiſtungen oft ſo überwältigenden Gebiete der antiken Technik ſein möge.

Wenn man ein Werk über die Technik des Altertums verfaſſen will, ſo muß man ſich zunächſt darüber klar ſein, was denn der Begriff des „Altertums" alles in ſich ſchließt. Im allgemeinen rechnet man das Altertum von einem zeitlich nicht näher beſtimmten Anfang an, der für jedes einzelne Volk ein verſchiedener iſt, und der den ungefähren Zeitpunkt kennzeichnet, wo es in die Geſchichte eintritt, bis etwa zum letzten Drittel des 5. Jahrhunderts n. Chr., alſo bis zu jenem Abſchnitt in der Geſchichte der Völker, wo mit dem Untergange des weſtrömiſchen Reiches gewaltige Umwälzungen religiöſer, kultureller und geſchichtlicher Natur einſetzten, die vor allem durch die Gründung der chriſtlichen Staaten und die Stürme der Völkerwanderung gekennzeichnet ſind. Es war ernſtlich zu prüfen, ob dieſer Begriff des „Altertums" auch auf die Technik zutrifft. Im allgemeinen iſt dieſe Frage zu bejahen, und ſo enthält das Werk tatſächlich eine Darſtellung der Entwicklung des Standes der Technik, die den genannten Zeitraum umfaßt. In einzelnen Fällen jedoch mußte ſowohl nach rückwärts wie nach vorwärts eine Erweiterung ſtatthaben. So mußte z. B. überall da, wo es ſich zeigte, daß eine beſtimmte Technik ſehr tief in vorgeſchichtlichen Zeiten wurzelte, auf dieſe zurückgegriffen werden. Iſt doch ſo manche techniſche Errungenſchaft, die am Beginne der Geſchichte irgendeines Volkes bereits ihre höchſte Entwicklung und ihre am weiteſten gehende Ausnützung erfahren hat, in Wirklichkeit bereits in vorgeſchichtlicher Zeit geſchaffen oder doch wenigſtens in ihren Hauptzügen feſtgelegt worden. Ebenſo gebietet es die Entwicklung einzelner techniſcher Zweige, daß man bei ihrer Betrachtung über das Jahr 476 n. Chr., das im allgemeinen als das „Ende des Altertums" angeſehen wird, hinausgeht — bedeutet doch dieſes Jahr durchaus nicht immer einen ſcharfen Abſchnitt in techniſch-geſchichtlicher oder entwicklungsgeſchichtlicher Hinſicht.

Die Literatur wurde im allgemeinen tunlichſt bis zum Beginn der Drucklegung berückſichtigt, doch war es infolge der durch den Krieg geſchaffenen Verhältniſſe natürlich ſchwieriger, die Veröffentlichungen aus den letzten Jahren, insbeſondere die ausländiſchen, vollſtändig zu erhalten. Die den einzelnen Abſchnitten angefügten Literaturverzeichniſſe ſollen nicht die geſamte über den be-

Digitized by Google

treffenden Gegenstand überhaupt erschienene Literatur wiedergeben, sondern stellen lediglich die bei der Bearbeitung benutzten Quellen dar. Ein Teil der ständig benutzten und — um zu häufige Wiederholungen zu vermeiden — in den Verzeichnissen nicht immer wieder von neuem aufgeführte Quellen ist auf S. 532[1]) zusammengestellt.

Während der langen Jahre, die die Vorbereitung und Abfassung des vorliegenden Werks in Anspruch nahm, wurde mir seitens zahlreicher Forscher — und zwar sowohl von Archäologen wie von Technikern — insbesondere aber auch von seiten so vieler Vorstände von Museen und Bibliotheken, ferner auch von privaten Sammlern eine Fülle liebenswürdiger Unterstützung zuteil. Ich spreche allen diesen Herren, die in ihrer Gesamtheit namentlich anzuführen ganz unmöglich ist, an dieser Stelle nochmals meinen verbindlichsten Dank für ihr freundliches Entgegenkommen und für ihr Interesse an meiner Arbeit aus.

Berlin, im Juli 1919. Dr. Albert Neuburger.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Zwischen der Ausgabe der ersten und der Bearbeitung der zweiten Auflage liegt ein nur verhältnismäßig kurzer Zeitraum. Trotzdem war für die neue Auflage eine Literatur zu berücksichtigen, die sich über die Grenzen dieses Zeitraumes hinaus nach rückwärts erstreckte. Infolge der durch den Krieg geschaffenen Verhältnisse und sonstiger Umstände hatte ich nämlich die Drucklegung der ersten Auflage ziemlich lange hingezogen, und es war vielfach nicht möglich, die während des Drucks notwendig erscheinenden Änderungen auch immer vorzunehmen. So erwiesen sich verschiedene Umarbeitungen als nötig, die zum Teil auch dadurch veranlaßt waren, daß weitere neuere Veröffentlichungen hinzukamen, die ich für wichtig genug hielt, um auf sie einzugehen. Jedenfalls gab mir die Beachtung, die die erste Auflage fand, die erfreuliche Gewißheit, daß das Interesse an der Technik des Altertums in ständigem Wachsen begriffen zu sein scheint — eine Feststellung, die für den nichts Überraschendes mehr in sich schließt, der das Anziehende dieses Gebietes kennen gelernt hat.

Auch bei der Bearbeitung der zweiten Auflage wurde mir vielfache Unterstützung zuteil, und es ist mir eine angenehme Pflicht, allen denen, die in dieser Weise ihr Interesse für meine Arbeit bekundeten, an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Ebenso gebührt auch dem Verlage mein Dank für die angesichts der jetzigen Schwierigkeiten geradezu vorzügliche Ausstattung, die er sowohl der ersten wie der zweiten Auflage zuteil werden ließ.

Berlin, im August 1920. Dr. Albert Neuburger.

[1]) Seite 533 der zweiten Auflage.

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhaltsübersicht.

Seite

Einleitung 1

Das Zeitalter der Technik. — Die Technik des Altertums in ihrem Verhältnis zur Technik späterer Zeiten. — Allgemeines über die Leistungen der antiken Technik. — Der Techniker im Altertum. — Der Einfluß der Technik auf das antike Staatswesen.

Der Bergbau. 4

Beginn des Bergbaus. — Sagenhaftes von alten Bergwerken. — Die Technik des Bergbaus bei den verschiedenen Völkern. — Die Anlage von Bergwerken. — Die Bergarbeiter. — Das Handwerkszeug des Bergmanns. — Die Tiefe der Bergwerke. — Von den Sicherheitsvorrichtungen. — Der Bergwerksbetrieb. — Die Förderung, Wasserhaltung, Beleuchtung.

Literatur zum Abschnitt: „Der Bergbau" 10

Die Metalle und ihre Gewinnung. (Das Hüttenwesen.) 11

Die vier Zeitalter des Menschengeschlechts und ihre Wahrscheinlichkeit. — Die ältesten bekannten Metalle.

Gold 11

Das Gold und seine Gewinnung bei den verschiedenen Völkern. — Die Gewinnung des Goldes im Orient. — Der Argonautenzug.

Silber 13

Die Gold-Silber-Legierung „Asem". — Von den attischen Silberbergwerken. — Plinius über die Gewinnung des Silbers. — Prüfung der Reinheit des Silbers.

Kupfer 15

Die ältesten Kupferbergwerke Ägyptens. — Verschmelzen der Erze. — Behandlung der Pyrite. — Die hüttenmännische Kupfergewinnung.

Zinn 17

Die Frage der Zinninseln — Zinn und Blei. — Zinnlegierungen. — Verzinnen. — Die Gewinnung des Zinns. — Alte Zinnöfen.

Bronze. 18

Die Bezeichnung „Bronze" und ihre Bedeutung. — Zusammensetzung und Schmelzpunkte alter Bronzen. — Silber- und Bronzemünzen. — Zinkhaltige Bronzen.

Zink 20

Verwendung von Zinkverbindungen. — Messing. — Hartzink.

Blei 21

Geschichtliches vom Blei und seiner Verwendung. — Die Gewinnung des Bleis.

Eisen 22

Die Frage des Meteoreisens im Altertum. — Das Eisen im alten Indien. — Die Rätsel der Kutub-Säule. — Rostfreies Eisen. — Rostschutz im Altertum. — Eisenausfuhr aus dem Orient. — Schmiedeeisen und Gußstahl. — Eisen in Ägypten, Germanien, Rom und Griechenland. — Die Technik der Eisengewinnung. — Der Rennprozeß. — Eisenöfen. — Brennstoffe. — Die Gebläse in den Gräberfunden von Theben. — Die Verarbeitung der Luppen. — Das Eisen von Elba und das norische Eisen bei den Römern. — Die Zahl der alten Eisenhüttenwerke.

Sonstige Metalle 29

Quecksilber. — Amalgame. — Antimon. — Arsen. — Platin.

Literatur zum Abschnitt: „Die Metalle und ihre Gewinnung". . 30

Digitized by Google

Seite

Die Bearbeitung der Metalle 35
Allgemeines: Zweck der mechanischen und chemischen Metallbearbeitung. — Ausnützung der physikalischen Eigenschaften der Metalle.
Blattmetall und Treibarbeit 35
Aus der Geschichte des Blattgoldes. — Vergoldung. — Plombieren von Zähnen. — Das antike Blattgold. — Die Technik der Blattgoldherstellung. — Blattgold bei den einzelnen Völkern des Altertums. — Vergleiche zwischen altem und neuzeitlichem Blattgold sowie alter und neuer Blattgoldtechnik. — Treibarbeit. — Das Treiben aus freier Hand. — Behandlung getriebener Arbeiten.
Drähte und ihre Verarbeitung zu Schmucksachen 41
Aus der Geschichte der antiken Drähte. — Gehämmerter, geschmiedeter, gezogener Draht. — Verwendung von Drähten.
Stanzen 42
Prägen, Ziselieren und Gravieren 43
Vom Gelde des Altertums. — Der Gebrauch der Münzen. — Die Technik der Münzprägung. — Münzstempel. — Eigenart griechischer und römischer Münzen. — Medaillen. — Ziselieren und Gravieren.
Das Nieten, Löten, Schweißen, Kitten 48
Die Vereinigung von Metallstücken. — Hartlöten und Weichlöten. — Die Lötmittel und ihre Verwendung. — Die Technik des Lötens. — Das Lötrohr. — Kitte.
Schmieden 49
Anwendung des Schmiedens auf die verschiedenen Metalle. — Homer und die Technik des Schmiedens. — Das Handwerkszeug des Schmiedes. — Der Blasebalg des Altertums. — Amboß, Hammer und Zange. — Eigenart des Arbeitens in der Schmiedewerkstätte. — Das Härten des Eisens. — Das Anlassen. — Schleifsteine und Feilen. — Schmiedestücke.
Das Gießen der Metalle 56
Wurde im Altertum Gußeisen verwendet? — Der Bronzeguß und die Technik seiner Ausführung in Ägypten. — Vollguß und Hohlguß. — Das Wachsausschmelzverfahren. — Die Technik griechischen und römischen Gusses. — Das Gießen mit „verlorener Form". — Der Guß von Münzen. — Aus antiker Falschmünzertechnik. — Die Gußtechnik der „Barbaren". — Der nordische Bronzeguß.
Die chemische Metallbearbeitung und die Metallfärbung 63
Zweck der chemischen Metallbearbeitung und Metallfärbung. — Vergolden und Versilbern. — Feuervergoldung. — Das „Niello".
Besondere Techniken der Metallbearbeitung 66
Die Goldelfenbeintechnik (chryselephantine Technik). — Das Filigranieren. — Das Emaillieren. — Das Tauschieren.
Literatur zum Abschnitt „Die Bearbeitung der Metalle" 69

Die Bearbeitung des Holzes 71
Die Beschaffung des Holzes, Das Fällen der Bäume. 71
Die verschiedenen Arten der Baumfällung und die verwendeten Werkzeuge. — Baumfällen bei Griechen, Ägyptern und Römern. Vorschriften für die Baumfällung.
Die Holzarten. 73
Das Handwerkszeug und die Bearbeitung des Holzes 73
Das Handwerkszeug der Ägypter: Meißel, Hobel, Dexel, Säge, Bohrer, Polierstein. — Holzbearbeitung bei verschiedenen Völkern. — Der gallische Löffelbohrer. — Die Drehbank.

Die Herstellung und Verarbeitung des Leders 79
Die Gerberei 79
Die verschiedenen Arten der Gerberei im Altertum. — Die Werkzeuge.
Die Verarbeitung des Leders 80
Die Schuhmacherei. — Herstellung von Lederwaren (Dolchscheiden). — Die chemische Behandlung des Leders (Färben und Konservieren).
Literatur zu den Abschnitten: „Die Bearbeitung des Holzes" und „Die Herstellung und Verarbeitung des Leders" 84

Digitized by Google

Seite

Der Ackerbau 85
Ackergeräte 85
Die ältesten Ackergeräte. — Die Entwicklung des Pfluges. — Die verbesserten Pflüge der Griechen und Römer.
Die Technik des Pflügens. 87
Unterschiede im Pflügen bei verschiedenen Völkern. — Dünger- und Fruchtwechsel bei den alten Römern. — Die umschlägige Feldwirtschaft. — Die Eggen. — Der Ackerbau bei den Germanen.
Die Behandlung des Getreides 89
Sichel und Sense. — Die Arten des Dreschens. — Das Worfeln. — Die Aufspeicherung des Getreides.

Die Gärungstechnik 91
Die Bäckerei 91
Allgemeines über die Entwicklung des Bäckerstandes und die Bäckereigerätschaften.
Das Mahlen des Getreides 91
Enthülsung des Getreidekorns. — Das Rösten. — Das Zerreiben der Körner mit der Hand. — Die verschiedenen Arten der Mühlen des Altertums. — Die Leistung der Mühlen. — Beschaffenheit des Mehls (Getreidegrieß). — Der Mörser. — Die Konstruktion der römischen Mühlen. — Die Wassermühlen. — Wasserräder und Göpelwerke. — Die Schiffsmühlen.
Das Backen des Brotes 97
Die Herstellung des Teiges. — Die Entwicklung des Backens. — Der Sauerteig. — Sieben des Mehls. — Mechanische Knetwerke. — Das Salzen und Säuern des Teiges. — Biologische Gärung und Backmittel. — Backen und Backöfen.
Die Bierbrauerei 102
Vom Ursprung des Biers. — Der Met. — Der Kwaß. — Altbabylonische Biersorten. — Natürliche Einleitung der Gärung. — Wie der Geschmack des Bieres geändert wurde. — Das Bier der Germanen.
Die Weinbereitung 106
Die Rauschgetränke alter Völker. — Pflege des Weinstocks und Weingärten. — Weinlese. — Das Keltern, Gären und Aufbewahren des Weines. — Weinbereitung bei den Griechen und Römern. — Zusätze zum Wein. — Haltbarmachung des Weins. — Vom Bleigehalt der Weine. — Gemischter und ungemischter Wein. — Die Essigbereitung.
Literatur zu den Abschnitten: „Ackerbau" und „Gärungstechnik" (Bäckerei, Bierbrauerei und Weinbereitung) 111

Die Technik der Öle, Fette, Seifen und Wohlgerüche 113
Die Gewinnung der Öle und Fette 113
Die Kultur des Ölbaums. — Die Gewinnung des Öles aus dem Ölbaum. — Der Bau der Ölmühlen. — Die verschiedenen Arten des Auspressens der Ölfrüchte. — „Sucus" und „corpus". — Das Lanolin des Altertums (Wollfett).
Die Verwendung der Öle 118
Die Reinigungsöle für den Körper und die Wäsche. — Von der Erfindung der Seife. — Natron- und Kaliseifen. — Die Wohlgerüche des Altertums. — Bereitung und Verwendung der Schminken. — Schminken für Augenbrauen, Fingernägel usw. — Giftige und gefälschte Schminken. — Haarfärbemittel.
Literatur zum Abschnitt: „Öle, Fette, Seifen und Wohlgerüche" 124

Kältetechnik und Konservierung 125
Die Kältetechnik 125
Die Keller der Völker des Altertums und ihre Anlage. — Das Kühlen der Getränke. — Kaiser Nero als Erfinder des Seltkühlers. — Kälteerzeugung durch Verdunstung. — Die Gullah. — Erzeugung von künstlichem Eis. — Abkühlung durch Springbrunnen, nasse Marmorfliesen usw. — Die Ausnützung der Lösungskälte und der Wärmeableitung.
Die Verfahren der Konservierung 127
Austrocknung. — Räuchern. — Einsalzen. — Kombinierte Verfahren.

Digitized by Google

Seite

Die Mumien 127
Die verschiedenen Arten der Herstellung von Mumien. — Die Mumifizierung, ein Einpökeln. — Untersuchungen über die Ursachen der Haltbarkeit von Mumien. — Leichenkonservierung durch Räuchern und Luftabschluß.
Literatur zum Abschnitt: „Kältetechnik und Konservierung" . . 132

Die Keramik 133
Die Entwicklung der Keramik 133
Die ältesten Spuren keramischer Technik und die Entwicklung keramischer Fertigkeiten. — Die Töpferscheibe. — Das Zeichen des „laufenden Kreuzes". — Verschiedenes Verhalten der Tonarten. — Die Entwicklung der Öfen. — Keramische Fabriken des Altertums. — Massenerzeugung.
Die Keramik bei den einzelnen Völkern des Altertums 136
Babylonier und Assyrer 136
Trennung von Feuerraum und Brennraum in den Öfen. — Die Terrakotten Babylons. — Das Ziegelbrennen. — Riesige plastische Keramiken und ihre Herstellung. — Die Terrakotten von Susiana.
Ägypter 138
Ziegelstreichen und Fertigmachen der Ziegel. — Das Stroh in ägyptischen Ziegeln und seine Einwirkung auf ihre physikalischen Eigenschaften. — Die Gullahs. — Ägyptische Tonwaren. — Das sogenannte „ägyptische Porzellan" oder die „glasierte Fayence". — Untersuchungen mit Hilfe des Polarisationsmikroskopes. — Kieselgeschirr oder Quarzgeschirr. — Die altägyptischen Glasuren und ihre neuzeitliche Wiederherstellung. — Die Kunst des Emaillierens. — Die Frage des echten ägyptischen Porzellans.
Griechen 144
Die Blütezeit der Keramik des Altertums. — Griechische Vasen und die Beurteilung ihrer technischen Vollkommenheit. — Brenntemperatur und Porosität des Tons. — Die Technik des Bemalens und Vergoldens. — Die schwarze Glasur altgriechischer Vasen. — Tanagrafiguren und ihre Herstellung. — Griechische Brennöfen.
Römer 147
Aus der Entwicklung der römischen Keramik. — Das Barbotineverfahren. — Das Rätsel der Terra sigillata. — Versuche zur Lösung der Terra-sigillata-Frage. — Neuzeitliche Terra sigillata. — Altrömische Töpferöfen.
Germanen 152
Germanische und römisch-germanische Töpferwaren. — Die „Terra nigra" der Treverer.
Literatur zum Abschnitt: „Die Keramik" 154

Das Glas 156
Der Ursprung des Glases 156
Die Sage von der Erfindung des Glases durch die Phönizier. — Die ältesten Glasstücke. — Untersuchungen über ägyptische Gläser aus frühester Zeit.
Ägyptische Glastechnik 157
Das Verfahren der Glasbereitung in Ägypten. — Färbung und Entfärbung des Glases. — Die Anfertigung von Gefäßen. — Glasguß. — Das Glasblasen. — Die Millefioretechnik. — Künstliche Augen.
Phönizier 161
Griechen 161
Die Glastechnik der Römer 161
Das Glas als Gebrauchsgegenstand. — Fensterscheiben. — Färbemittel für Glas. — Römische Goldgläser. — Der Glasfluß „hämatinon" (Obsidianglas). — Pettenkofers Untersuchungen über die Pliniusschen Angaben zur Herstellung von Glas. — Metallische Reflexe in Glas. — Die murrinischen Gefäße. — Die Technik des Glasblasens. — Schlangenfaden- und Diatretagläser. — Die Glasschleiferei. — Das unzerbrechliche Glas des Kaisers Tiberius. — Die Frage der Spiegel und Brillen.
Künstliche Edelsteine 167
Literatur zum Abschnitt: „Das Glas" 168

Seite

Gespinste und Gewebe 169
Allgemeines 169
Die Seide 169
Die Seidenkultur in China. — Gewinnung und Verarbeitung des Seidenfadens. — Färben und Verzieren. — „Halbseide". — Verbreitung der Seidenindustrie.
Die sonstigen Rohstoffe und ihre Gewinnung 171
Gespinste und Gewebe in Ägypten und Babylon. — Die Textilstoffe der Griechen, Römer und Germanen. — Die Bezeichnung „Byssus" und ihre Bedeutung. — Unklare Bezeichnungen antiker Gewebefasern. — Flachs. — Baumwolle.
Das Verspinnen 173
Der Wirtel. — Technik der Spinnerei. — Herstellung von Fäden auf dem Schenkel oder mittels des Onos (Epinetron).
Die Verarbeitung des Fadens 175
Flechten, Stricken, Knüpfen, Sticken. — Die Weberei. — Der Webstuhl des Altertums und seine Einrichtung.
Die Reinigung der Gewebe 178
Der Gebrauch der Seifenwurzel und anderer Reinigungsmittel. — Die mechanische Reinigung.
Das Färben der Gewebe 179
Direkte und Beizenfärberei. — Die Beizen.
Walken und Herstellung von Tuchen 180
Die Hilfsmittel der Walkerei. — Technik der Walkerei. — Die Fullonen und die „Fullonica" zu Pompeji.
Bleichen und Pressen 182
Die Verarbeitung der Stoffe 183
Filze, Seilerei, Flechtarbeiten 185
Literatur zum Abschnitt: „Gespinste und Gewebe" 189
Die Farbstoffe 190
Der Purpur 190
Das Geheimnis der Purpurfärberei. — Aussehen der Purpurstoffe. — Die Purpurschnecken. — Der Purpurfarbstoff und seine Gewinnung. — Neuere Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Purpurfarbstoffes. — Synthetischer Purpur.
Sonstige organische Farbstoffe 193
Die verschiedenen Farben. — Rote, gelbe, braune, blaue und schwarze Farben und die Mittel zu ihrer Erzeugung.
Anorganische Farbstoffe und Malerfarben 194
Die ältesten Malerfarben. — Die Farben der Ägypter. — Das „pompejanische Rot". — Gelbe und braune Farben und ihre Mischungen. — Blaue Farben. — Weiß und Blaßrot. — Die Palette der griechischen Maler. — Die Verwendung des Zinnobers. — Schwarz, Violett und Grün. — Die Farben der Römer und ihre Mannigfaltigkeit. — Weiße, gelbe, rote und blaue Farben. — Metallfarben.
Die Maltechnik 199
Die Malerei bei den Ägyptern und Babyloniern. 199
Die Ursache der Beständigkeit der Malereien. — Die Herstellung und die Arten der ägyptischen Wandmalereien.
Die Malerei bei den Griechen und Römern. 199
Die Heimat der Freskotechnik. — Analysen kretischer Freskomalereien und ihre Ergebnisse. — Römische Freskogemälde. — Die Herstellung des „Tectoriums".
Die Tafelmalerei 201
Die Bindemittel 202
Die Enkaustik 202
Die verschiedenen Arten der Enkaustik. — Neuzeitliche Enkaustik. — Die Technik der Ausführungen enkaustischer Gemälde. — Entstehung der Ölmalerei aus der Enkaustik.
Literatur zu den Abschnitten: „Die Farbstoffe" und „Die Maltechnik" 204

Digitized by Google

Seite

Technische Mechanik und Maschinen 206
Allgemeines über das Zustandekommen der Leistung.
Die einfachen Maschinen 206
Die „mechanischen Probleme" des Aristoteles. — Vitruvs Definition von der Maschine. — Von den Maschinen der Ägypter.
Der Hebel und seine Anwendung 207
Aristoteles und Archimedes und ihre Beziehungen zum Hebelgesetz. — Die Anwendung des Hebels bei den Ägyptern, Babyloniern, Assyrern und ndern. — Der Schaduff. — Die Picota. — Die Wage und ihre Einrichtung. — Die Automaten des Hero von Alexandrien. — Das Drehrad und seine Anwendung.
Die schiefe Ebene 210
Die Verwendung der schiefen Ebene zur Hebung von Lasten. — Von der Technik des Pyramidenbaus. — Die archimedische Schraube und ihre Anwendung.
Rolle und Keil 212
Die Entstehung des Flaschenzuges aus der Rolle. — Aufrichtung der Obelisken. — Verschiedene Anwendungen des Flaschenzugs. — Der „vielzügige" Flaschenzug. — Die Winde. — Der Keil und seine Anwendung.
Die Überwindung der Reibung (Kufen, Räder und Wagen). . . . 213
Die Schlittenkufen und ihre Bedeutung für den Lastentransport. — Rollende Reibung und Rad. — Der Wagen bei den Völkern des Altertums. — Die Entwicklung des Rades. — Verschiedene Arten des Wagens (Streitwagen, Sichelwagen usw. usw.) bei Ägyptern, Griechen, Persern, Römern usw. usw.
Zahnräder und ihre Anwendung 218
Die ersten Nachrichten über die Zahnräder. — Registrierapparate des Heron von Alexandria. — Tarameter und Bestimmung der Weglänge.
Göpelrad und Tretrad 220
Die Elastizität und ihre Ausnützung (Bogen, Armbrust und Geschütze) 221
Allgemeines über die Bogen des Altertums. — Der Bogen des Odysseus. — Zusammengesetzte Bogen. — Der „Reflexbogen". — Die Entwicklung der Armbrust. — Der Bauchspanner. — Die Geschütze des Altertums. — Das Nervenbündel und seine Rolle am Geschütz. Der Einarm (Onager). — Die Einbettung des Geschützes. — Berechnungen über die Leistungen des Philon von Byzanz am Zweiarm. — Der Keilspanner. — Der Erzspanner. — Der Mehrlader.
Die Hydraulik. 228
Der Heber. — Die Klepsydra. — Die Wasseruhr des Ktesibios. — Der Druckheber.
Der Druck des Wassers und das Wasserrad 231
Mühlenräder und Schöpfräder.
Die Ausnützung des Druckes des Gases 232
Die Feuerspritze des Ktesibios. — Die Erfindung des Spritzenschlauches. — Die Wasserorgel. — Der Heronsball. — Die Aeolipile als erste Turbine. — Die Ausnützung des Dampfdruckes nach Art des Papinschen Topfes.
Literatur zum Abschnitt: „Technische Mechanik und Maschinen" 235

Feuerzeuge, Beleuchtung und Heizung 237

Die Feuerzeuge 237
Über den Ursprung der Feuergewinnung. — Feuererzeugung durch Reibung. — Feueranmachen bei den Griechen und Römern. — Brennspiegel und Brenngläser.

Die Beleuchtung 238
Die ältesten Arten der Beleuchtung 238
Kienspan und Fackel. — Vorrichtungen für primitive Beleuchtung.
Lampen und Kerzen 239
Über das Auftauchen von Lampen und Kerzen. — Beleuchtungseinrichtungen der Ägypter. — Die Lampe bei den Römern. — Ton- und Bronzelampen. — Technische Aufbesserungen der Lampen. — Lampen mit Vorratsbehältern. —

Digitized by Google

Seite

Der Ölbehälter des Philon von Byzanz. — Der verschiebbare Docht des Heron von Alexandria. — Beleuchtungstechnische Betrachtungen über antike Lampen. — Umsetzung der Brennstoffenergie in Licht. — Die Brennstoffe der Lampen. — Der Ölvorrat als Zeitmaß. — Lampen- und Kerzendochte. — Die Herstellung der Kerzen. — Laternen und Leuchter.

Die Straßenbeleuchtung 248

Leuchttürme 248

Die Heizung 251

Die Brennmaterialien 251

Holz, Holzkohle, Steinkohle, Preßkohle. — Plinius über die Verwendung des Torfes bei den Germanen. — Die Folgen der Abholzung im Altertum. — Die Herstellung der Holzkohle. — Von der Gewinnung des Teers und seiner Verwendung.

Die Feuerstätten 252

Entwicklung und Formen des Herdes. — Verschiedene Herdarten. — Rauchentwicklung und die Entstehung des „Atrium".

Die Kohlenbecken und ihre Abarten 255

Die Kohlenpfanne als Heizgerät. — Berechnung der Wärmeerzeugung in Kohlenbecken. — Kohlenoxyd- und Kohlensäureentwicklung und ihr Einfluß auf die Hygiene. — Berichte über die schädlichen Wirkungen des Kohlenoxyds im Altertum. Einrichtungen zur Bereitung der „Calda". — Kohlenbeckenherde.

Öfen 258

Tragbare Öfen und ihre Konstruktion. — Der Rost bei Römern und Germanen.

Die Erhitzung größerer Wassermassen 260

Die Erwärmung des Wassers in Bädern. — Die ungelöste Frage der Bäderheizung.

Die Zentralheizungen 261

Ungeklärte Fragen über die Zentralheizungen des Altertums. — Rätselhafte sogenannte „Heizungen". — Fehler bei den Ausgrabungen. — Heizung oder Isoliermauer?

Hypokaustenheizung 262

Allgemeines über das Hypocaustum. — Der Ausbau der gewöhnlichen Hypokaustenheizung. — Das „Präfurnium". — Hohlziegel und Warzenziegel. — Die Hypokaustenheizung der Saalburg. — Die Größe der Hypokaustenheizungen.

Die Kanalheizung 267

Einrichtung der Kanalheizung. — Von der Wirtschaftlichkeit der Kanalheizungen. — Die Frage des Heizmaterials. — Die Bodenheizung eine Vereinigung von Hypokausten- mit Kanalheizung. — Die Vorteile und Nachteile der Bodenheizung.

Literatur zum Abschnitt: „Feuerzeuge, Beleuchtung und Heizung" 270

Städtebau 272

Allgemeines über große Städte des Altertums.

Die Anlage der Städte 272

Bodenwüchsige und nach Plänen gebaute Städte und ihre Unterscheidungsmerkmale. — Die Stadtanlage von Babylon und ihre Einzelheiten. — Berechnungen über die Bauzeit. — Über den Städtebau der Ägypter und Griechen. — Die Anlage der Hafenstadt Piräus. — Priene. — Küstenstädte: Alexandria. — Terrassierungen: Pergamon.

Die Technik des römischen Städtebaus 278

Gesichtspunkte für die Anlage der Städte. — Kennzeichnende Merkmale des römischen Städtebildes. — Die Hauptstraßen. — Der Vorgang der Stadtgründung. — Der Stadtplan. — Das alte Rom. — Neue Bauten in Rom. — Wertsteigerung des Bodens. — Aus der römischen Bauordnung des Augustus. — Die Höhe der Häuser. — Die neueren Straßen Roms. — Die Lehren des Hippodamos, des Aristoteles und des Vitruv. — Sanierungsmaßnahmen bei der Anlage der Städte.

Digitized by Google

Seite

Befestigungen 285
Die Wälle 285
Die einfachsten Formen der Befestigung. — Ringwälle. — Steinwälle. — Trockenwälle. — Die „Heidenmauer". — Glasburgen.
Die Mauern, Türme und Gräben 286
Die Mauer des Herakles. — Eine altbabylonische Festung. — Die Befestigungen von Nippur. — Die Befestigungen von Kujundschik. — Die Befestigungskunst in Ägypten. — Die Befestigungsanlage bei Semneh. — Die Befestigungskunst der Syrer und Skythen.
Befestigungstechnik bei den Griechen 290
Die Mauern zu und vor Troja. — Ergebnisse der Schliemannschen Ausgrabungen. — Verwendung von Tonkuchen zur Herstellung von Mauern. — Mauertürme. — Die Rolle des Turmes in der Befestigung. — Rundtürme.
Tore 294
Die Bewehrung der Tore. — Der geschützte Weg. — Zweck der Doppeltore. Die Toranlagen von Tyrins und Mykenae. — Ausbau Athens zur Festung. — Die Mauer des Themistokles. — Verschiedene Arten der Konstruktion von Toren. — Der Sturzblock. — Torbefestigung durch Vortragung.
Befestigungsanlagen der Römer 299
Das befestigte Lager von Dintian. — Die Lehren des Vitruv. — Die Befestigungswerke von Pompeji. — Brustwehren und Schießscharten. — Der Ausbau der Tore. — Das Tor als Befestigungsburg. — Die Porta nigra zu Trier. — Das Amphitheater als Verteidigungsmittel. — Die Feldlager der Römer. — Der Wehrgang und die Umgangsstraße. — Die Straßen und Tore der Kastelle. — Der Doppelgraben. — Die Befestigungsanlage der Saalburg.
Städtische Straßen und Plätze 308
Allgemeines über die Straßen. — Der Straßenausbau und Straßenbautechnik im Orient. — Die Prachtstraßen von Palmyra usw. — Nebenstraßen. — Bürgersteige. — Pflasterung. — Eigenarten der alten städtischen Straßen. — Abflüsse für Regenwasser. — Müllentfernung. — Hygiene.
Die Häuser 316
Das Haus im Orient 316
Das ägyptische Haus 316
Die Museumsmodelle altägyptischer Häuser. — Die Grundrisse der Häuser von Abydos. — Eigentümlichkeiten des Grundrisses. — Die Außenseite der Häuser. — Kleinere und größere Häuser. — Die Haustore und Türen.
Das griechische Haus 318
Der Einfluß der Palastbauten auf den Grundriß. — Das athenische Bürgerhaus des 5. Jahrhunderts v. Chr. — Der Hausrat. — Das ältere Wohnhaus von Priene aus dem 4. Jahrhundert v. Chr. — Das Megaron und seine Vorhalle. — Das Peristylhaus. — Die Prostas. — Der Oikos. — Mehrstöckige Häuser. — Loggien, Läden, Nutzräume.
Das römische Haus 321
Unterschiede zwischen römischem u. griechischem Haus. — Die Rolle der Fenster. — Die Entstehung des römischen Hauses aus dem etruskischen. — Atrium, Compluvium, Impluvium. — Tablinum und Haustüre. — Die übrigen Räume. — Der Herd. — Das römisch-griechische Haus. — Wandmalereien und Beleuchtung. — Das Haus der Großstadt. — Verschwinden der typischen römischen Hausanlage. — Landhäuser. — Die Landsitze des Plinius. — Die Villa des Hadrian. — Die Inneneinrichtung der römischen Häuser. — Die Ausstattung des Dachs. — Die „cenacula". — Das Ostium. — Die fünf Arten des Atriums. — Das Ziegeldach der Casa di Sirico zu Pompeji. — Die Keller. — Die Fenster. — Die Läden. — Der Verschluß der Läden.
Die Türen und ihre Einrichtung 337
Schloß und Schlüssel 338
Die Entstehung des Schlüssels. — Altägyptische Schlösser. — Rekonstruktionen alter Schlösser. — Das Balanosschloß ein Vorläufer des Yaleschlosses. — Das altgriechische Schloß des Homer. — Metall- und Eisenschlösser der Römer. — Römische Schlüssel. — Vorlegeschlösser.

Digitized by Google

Seite

Monumental- und öffentliche Bauten 343

Allgemeines über die Herstellung von Monumentalbauten.

Die Pyramiden 343

Astronomisches und Mathematisches von der Cheopspyramide. — Das Pyramidenmeter. — Die technische Leistung des Pyramidenbaus. — Einzelheiten über die Ausgestaltung der Pyramide. — Die Königskammer. — Das Rätsel der fünf übrigen Kammern. — Hypothesen über den Zweck der Pyramiden.

Sphinxe 348

Der Sphinx vor den Pyramiden von Gizeh. — Die Geheimnisse der Sphinxe. — Ergebnisse verschiedener Ausgrabungen. — Das Alter der Sphinxe. — Die Herstellung der Sphinxe.

Tempelbauten 350

Der Tempel des Königs Salomo. — Babylonische Tempel. — Die Tempel der Ägypter. — Die Rolle der Pylonen. — Die Möglichkeit der Blitzschutzvorrichtungen bei Ägyptern und Juden. — Griechische und römische Tempel. — Holzsäulen. — Die älteste Form des Tempels. — Der Antentempel. — Der Prostylos. — Der Peripteros. — Der Pseudoperipteros. — Unterschiede zwischen griechischen und römischen Tempeln.

Die Theater. 356

Die verschiedenen Arten der Theater: Schauspielhäuser und Amphitheater. — Griechische Theater. — Ursprüngliche Theaterformen. — Die Entstehung der Orchestra. — Die Zweiteilung des Theaters. — Die weitere Entwicklung des griechischen Theaters und die Einrichtung der Theater späterer Zeit. — Die römische Bühne. — Die Teile des römischen Theaters. — Unterschiede zwischen römischem und griechischem Theater. — Die Größe der antiken Theater. — Schallgefäße. — Der Zweck der Schauspielermasken.

Amphitheater 363

Die Entstehung des Amphitheaters. — Die Einrichtung alter Amphitheater. — Käfige. — Unterkellerungen. — Wasserschauspiele usw. — Die Größe alter Amphitheater.

Bäder 368

Die Hauptbestandteile antiker Badeanlagen und ihr Zweck. — Verhinderung der Zugluft. — Schwitzbäder. — Pläne verschiedener Badeanlagen.

Basiliken 378

Die Bestimmung der Basiliken. — Einrichtung von Basiliken. — Unsere heutigen Kenntnisse von der Basilika.

Bauarten, Bauausführungen und Baustoffe 381

Die ursprünglichen Bauarten 381

Die Hütte und ihre Entwicklung. — Blockbau, Fachwerkbau und Steinbau. — Schilf-, Stroh- und Binsenbau.

Holzarchitektur 381

Das Blockhaus. — Die Entstehung des Fundaments. — Fenster, Dachstuhl und Dach. — Die Verbindung der Bauteile. — Holzbauten der Juden. — Der Tempel Salomos, ein Holzbau. — Einzelheiten vom Tempelbau.

Der Fachwerkbau 385

Die Ursache der Entstehung des Fachwerkbaus. — Die Merkmale des Fachwerkbaus. — Das Heraion zu Olympia. — Das Innere der Burganlage zu Tiryns. — Der Tempel von Thermos in Ätolien.

Das Dach 385

Die Entwicklung des Daches. — Übergang zum Giebeldach. — Flache Dächer. — Die Dachziegel. — Flachziegel und Deckziegel. — Das Dachgebälk.

Der Steinbau 387

Mutmaßungen über die Entwicklung des Steinbaus. — Die Cyklopenmauer. — Die polygonen Mauern. — Der Quaderbau. — Trockenmauern. — Die Verbindung der Steine. — Eisenklammern und Holzdübel. — Die Ausführung der Quaderbauten. — Isodomum. — Pseudoisodomum. — Opus incertum (antiquum). — Futtermauern. — Opus reticulatum. — Opus spicatum.

Der Ziegelbau 392

Digitized by Google

Seite

Der Gewölbebau 392
Der Gewölbebau bei Assyrern und Babyloniern. — Griechische Gewölbebauten. — Das Schatzhaus des Atreus. — Bogenbau akarnanischer Stadttore. — Das Tonnengewölbe. — Kreuzgewölbe und Kuppelgewölbe. — Die Ausführung des Gewölbebaus.
Bauausführung 395
Nivellierinstrumente. — Der Chorobat. — Das Diopter oder Visierlineal. — Senkblei und Winkelmaß. — Maurerhandwerkszeug.

Die Baumaterialien 399
Holz. 399
Verschiedene Holzarten und ihre Verwendung. — Flammensicheres Holz. — Bekämpfung des Hausschwamms.
Steine 400
Die Gewinnung der Bausteine. — Steinbrüche. — Sprengen des Steines. — Riesensteinblöcke. — Von den Mauern zu Tiryns. — Das Grabmal Theodorichs. — Steinsägen. — Der Felsberg im Odenwald und die Granitgewinnung der Römer. — Feinbearbeitung des Steinmaterials.
Ziegel, Kunststeine und Kunstmassen 404
Der Ziegel des Altertums. — Eigenschaften guter Ziegel. — Die römischen Ziegel. — Der Beton. — Material für Wasserbauten.
Mörtel und Bindemittel 406
Asphalt als Mörtel. — Gips und Kalk. — Altägyptische Mörtel. — Der Mörtel der Chefrenpyramide. — Griechische Mörtel. — Untersuchungen über Mörtel aus Pergamon. — Schneckengehäuse zur Mörtelbereitung. — Römische Mörtel. — Das Brennen des Kalks. — Kalköfen. — Das Löschen des Kalks. — Hydraulische Mörtel. — Die Mörtel der Kölner Wasserleitung und des Eifeler Römerkanals.
Literatur zu den Abschnitten: „Der Städtebau", „Befestigungen", „Städtische Straßen und Plätze", „Die Häuser", „Monumentale und öffentliche Bauten", „Bauarten, Bauausführung und Baustoffe" 410

Die Wasserversorgung 415
Primitive Arten der Wasserversorgung. — Wasserscharrlöcher. — Saugbrunnen.
Die Wasserversorgung im Orient 415
Die ersten Wasserleitungen. — Wasserrinnen und Schöpfbecken. — Die Wasserversorgung von Sennacherib. — Reste von Tonleitungen. — Brunnen in Mesopotamien. — Die Wasserversorgungsanlagen der Juden. — Die Wasserleitung des Königs Salomo. — Leitungen und unterirdische Kanäle. — Die Teiche der Wasserleitung von Jerusalem. — Die Ableitung des Wassers. — Wiederherstellung der Salomonischen Wasserleitungen durch Sanghia. — Der Tunnel des Königs Hiskia.
Die Wasserversorgung bei den Ägyptern 423
Altägyptische Brunnen. — Wasserleitungen zur Versorgung mit Nilwasser.
Die Wasserversorgung bei den Griechen 424
Die Ansichten des Aristoteles über Trinkwasserversorgung. — Öffentliche Brunnen. — Die Wasserleitung von Mykenae. — Die Wasserleitung von Samos. — Tunnelierung zur Aufnahme der Wasserrinne. — Druck- und Gefällswasserleitungen. — Die Druckwasserleitung von Pergamon. — Holz- oder Metallröhren?
Die Wasserversorgung bei den Römern 430
Römische Druckwasserleitungen. — Die Brunnen der Saalburg. — Quellenfassung und Holzrohre. — Das Auffinden von Wasser. — Eigenarten der römischen Wasserleitungen. — Das Wasserschloß und seine Einrichtung. — Das Nebenwasserschloß. — Die Aquädukte. — Die Wasserleitungen Roms. — Kosten der Wasserleitungen. — Tunnelbauten. — Die Leitung innerhalb der Städte. — Die Wasserleitungsrohre. — Öffentliche Brunnen. — Wasserzins.

Digitized by Google

Seite

Die Kanalisation 441
Allgemeine Bemerkungen.
Kanalsysteme im Orient 441
Die Ausführung der Abwässerkanäle. — Das Kanalisationssystem Jerusalems. — Die Einrichtungen am Tempel. — Das doppelte Kanalsystem. — Entfernung der Schwebestoffe. — Ägyptische Kanalsysteme. — Der Totentempel des Königs Sahurê.
Kanalisationsanlagen bei den Griechen 444
Aborte mit Wasserspülung. — Öffentliche Aborte. — Badeeinrichtungen mit Kanalisationsanschluß. — Weiteres über Badeeinrichtungen. — Die Waschgelegenheiten des Gymnasiums zu Priene. — Die Kanalisation von Athen. — Das „Versiderungssystem".
Römische Kanalisationsanlagen 448
Die Cloaca maxima. — Die Kanalisationsanlagen in Provinzstädten und Kastellen. — Die Kanäle der Saalburg.

Bewässerung und Entwässerung 451
Die ersten Drainierungsanlagen des Altertums. — Die Grabhügel von Ur. — Verbindung der Entwässerung mit der Flußregulierung. — Die Bewässerung und Entwässerung Ägyptens. — Pegelmessungen am Nil. — Das Rätsel des Mörissees. — Die Trockenlegung des Kopaissees. — Die Ablassung des Albaner Sees. — Die Tieferlegung des Velinus-Sees. — Arbeiten am Fuciner See. — Die Drainierung der Campagna und der Pontinischen Sümpfe.
Literatur zu den Abschnitten: „Die Wasserversorgung und die Kanalisation" und „Bewässerung und Entwässerung" 454

Straßen und Brücken 457
Allgemeines 457
Einteilung der Straßen. — Handels- und Heeresstraßen. — Grundlagen der Straßenführung.
Die Straßen im Orient 457
Die Straßen der mesopotamischen Völker. — Die Straßen der Ägypter.
Die griechischen Straßen 458
Die Entwicklung der griechischen Straßenbautechnik. — Felsstraßen. — Fahrgeleise in Straßen. — Die Trassenführung der Straßen. — Entfernung von Hindernissen.
Die Straßen der Römer 459
Eigenart und Ausdehnung des altrömischen Straßennetzes. — Die Rolle der Straßen in der Geschichte Roms. — Die Entwicklung der römischen Straßenbautechnik. — Altrömische Bohlwege. — Die Pfahlwege und ihre Herstellung. — Straßenbauten in Sümpfen. — Die „Via Domitiana". — Die Technik des Straßenbaus. — Einzelheiten von römischen Straßen. — Der Sidergraben. — Die Straßenbreite. — Die äußere Ausstattung der Straßen.
Sprengarbeit 468
Arbeiten am Eisernen Tor. — Livius über den Alpenübergang Hannibals. — Untersuchungen über den „Essig des Hannibal".
Die Brücken 470
Mutmaßungen über die ältesten Brücken. — Schiffbrücken und ihre Ausführung. — Heeresbrücken. — Cäsars Rheinbrücke. — Dauerbrücken. — Die Euphratbrücke. — Altgriechische und römische Brücken. — Der „pons sublicius". — Einzelheiten über den Brückenbau. — Hohe Bogenwölbungen und ihre Ursachen. — Die Donaubrücke des Kaisers Trajan und ihre Ausführung. — Die Verwendung von Senkkasten. — Die Rheinbrücke bei Mainz. — Pfahlroste. — Die Moselbrücke bei Trier.
Literatur zum Abschnitt: „Straßen und Brücken" 480

Schiffe und Schiffbau 482
Die ältesten Schiffsformen. — Schiffe des Orients 482
Annahmen über die Entwicklung des Schiffes. — Die Grundform des Wasserverkehrs in Mesopotamien. — Kelets, ihre Herstellung und ihre Leistungs-

Digitized by Google

Seite

fähigkeit. — Der Schwimmschlauch. — Assyrische Rundschiffe. — Rundschiffe bei den Phönizіern, ihre Einrichtung und ihre Leistungen. — Segel auf Rundschiffen.

Die Schiffe der Ägypter 485
Die Fahrt nach dem Puntlande. — Einzelheiten über den Bau und über die Tragkraft der ägyptischen Schiffe. — Papyrusboote und Papyrussegel. — Steuereinrichtungen. — Verschiedenartige Gestalt der ägyptischen Schiffe. — Umlegbare Maste. — Die Form der Segel. — Die Einrichtung der Raaen. — Die Rudereinrichtung. — Kriegsschiffe und ihre Ausstattung. — Festmachen der Schiffe am Bollwerk.

Griechische und römische Schiffe: „Das Mittelmeerschiff“ 490
Altgriechische Werften und „Hellinge“. — Trockendocks. — Die „Alexandria“. — Schiffsschuppen. — Die verschiedenen Arten der auf den Werften beschäftigten Handwerker. — Die Hölzer für den Schiffsbau. — Das Handwerkszeug des Schiffszimmermanns.

Der Schiffbau und die Windrichtung der Schiffe bei Griechen und Römern 492
Die Kiellegung. — Vorder- und Hintersteven. — Heckverzierungen. — Spanten. — Die Beplankung der Schiffe. — Die „Leitern“. — Die Vollendungsarbeiten. — Der Ballast. — Die Decks der antiken Schiffe. — Kajüten. — Die Galerie. — Der „Delphin“. — Der Mittelraum des Schiffs. — Verschläge. — Trinkwasserbehälter. — Der Sporn der Kriegsschiffe. — Der Stoßbalken. — Die Ruder und ihre Wandlungen. — Die Handhabung der Ruder. „Vielruderer“. — Das Steuer, seine Einrichtung und Bedienung. — Die Segeleinrichtung. — Maste. — Stridleitern. — Raaen. — Herstellung und Bedienung der Segel. — Das Hypozom und sein Zweck. — Der Anker, seine Entwicklung und Ausgestaltung.

Die Trierenfrage. 503
Moneren, Dieren, Trieren usw. usw.

Die Geschwindigkeit und Größe der Schiffe des Altertums 506
Die Ladefähigkeit der antiken Schiffe.

Schiffahrt 507
Die Schiffahrt der Alten eine Küstenschiffahrt. — Die Furcht vor dem Meere. — Einzelne kühne Unternehmungen. — Die Mitnahme von Proviant. — Seezeichen. — Das Lot. — Die Fahrt von Flotten. — Lotsen. — Kennzeichnung der Landungsstellen und gefährlichen Punkte. — Handbücher für die Seefahrt. — Die Orientierung auf See. — Nautische Instrumente.

Die Häfen 511
Gesichtspunkte über die Anlage von Häfen. — Die Phönizier als Hafenbauer. — Griechische Häfen. — Künstliche Molen. — Die Häfen der Römer und ihre Einrichtungen. — Der Hafen von Ostia. — Der Kriegshafen am Kap Misenum. — Technisches über Hafenbauten.

Literatur zu den Abschnitten: „Schiffe und Schiffbau“, „Die Schiffahrt“ und „Die Häfen“ 514

Quellennachweis für die Abbildungen und die ständig benutzte Literatur 516

Namen- und Sachverzeichnis 534

d by Google

Einleitung.

Man hat die Gegenwart vielfach als das „Zeitalter der Technik" bezeichnet. Dadurch wird unwillkürlich der Glaube erregt, daß es erst der Jetztzeit vorbehalten blieb, eine Technik zu schaffen oder zu hoher Entwicklung zu bringen, während es in vergangenen Jahrhunderten eine solche nicht gab. Nichts ist falscher als diese Vorstellung! In Wirklichkeit hatte man zu allen Zeiten bis in die Uranfänge der Menschheit zurück eine Technik. Die der Gegenwart unterscheidet sich von der der Vergangenheit in der Hauptsache nur dadurch, daß wir in der Ausnützung mancher Naturkräfte, vor allem der Spannkraft des Dampfes und der Elektrizität, früher vollkommen Unbekanntes leisteten, und daß wir dadurch manche Zweige unseres kulturellen Lebens, in erster Linie das Verkehrswesen, auf eine neue Grundlage stellten.

Wir haben also eigentlich kein Recht, von einem besonderen „Zeitalter der Technik" zu sprechen, wir müssen vielmehr die Technik als einen Ausfluß menschlicher Geistestätigkeit betrachten, der in der Natur der Dinge begründet und mit dem Dasein des Menschen von alters her auf das engste verknüpft ist. Wie aber alle Äußerungen des menschlichen Geistes, so weist auch die Technik, die man als den ständigen Kampf des Menschen mit dem Stoffe bezeichnen kann, Zeiträume höchster Entwicklung neben solchen größten Tiefstandes auf. Die Unterschiede, die sich hier zeigen, sind ganz gewaltige: Lassen wir die Entwicklung vor unserem Auge vorüberziehen, so ergeben sich zwei große Blütezeiten: die Jetztzeit und — das Altertum.

Die Technik des Altertums unterscheidet sich von der der Gegenwart vor allem dadurch, daß sie mit viel einfacheren Hilfsmitteln als jenen, über die wir jetzt verfügen, Leistungen von einer Größe vollbrachte, die teilweise heute noch nicht übertroffen wurden. Geht unsere Technik durch die Ausnützung des Dampfes und der Elektrizität sowie vieler im Laufe der Zeiten gewonnener Erkenntnisse mehr in die Breite, so geht die des Altertums entschieden mehr in die Tiefe: Das damalige, gegenüber dem gegenwärtigen viel enger begrenzte Wissen wird auf das eingehendste ausgenützt. Die einfachen Hilfsmittel werden Jahrhunderte, ja selbst Jahrtausende hindurch, ohne daß man sie oft wesentlich verbesserte, mit einer Geschicklichkeit und in einer Leistungsfähigkeit verwendet, die uns heute nicht selten befremdlich anmutet.

Aber auch gegen die Technik der späteren Zeit, vor allem gegen die des Mittelalters, weist die des Altertums weitgehende Unterschiede auf. Die Technik des Mittelalters und die der folgenden Jahrhunderte erstarren nicht selten in den engen Formen und Grenzen, die ihnen durch das Zunftwesen gezogen sind, das sogar die Arbeitszeit, die Zahl der Gehilfen, die Art der zu verwendenden Rohstoffe sowie die Form und Größe aller für einen bestimmten Zweck überhaupt gestatteten Hilfsmittel auf das genaueste vorschreibt. Jede freiere Entwicklung, jeder Versuch, diese Grenzen zu durchbrechen, werden auf das strengste unterdrückt und auf das schärfste geahndet. So leistet die Technik des Mittelalters zwar Gutes, aber dieses Gute bleibt immer nur die durch Geschlechter und Geschlechter hindurch gepflegte Ausübung

Digitized by Google

einer ganz bestimmten eng umschlossenen Tätigkeit, der höchstens eine Entwicklung nach der künstlerischen Seite hin gestattet ist. Anders die Technik des Altertums! Auch hier finden wir Zünfte, auch hier sehen wir, daß lange Zeiträume hindurch der gleiche Zweck mit immer gleichen Mitteln erstrebt wird, aber darüber hinaus sind der freien Entwicklung keinerlei Grenzen gezogen. Große Geister können sich nach jeder Richtung hin entfalten. Sie finden allerorts und insbesondere von seiten der Mächtigen verständnisvolle Unterstützung — ein Zustand, der erst am Ende des Mittelalters und da nur vereinzelt wieder auftritt, zu einer Zeit, die eben gerade dadurch gekennzeichnet ist, daß sie im Altertume wurzelt, im Zeitalter der Renaissance. Aber auch hier wird das alte Vorbild niemals wieder ganz erreicht: Wer allzuviel wagt, wessen Geist sich auch auf technischem Gebiet allzuweit über die herkömmlichen Schranken erhebt, den vermag auch der mächtigste Gönner nicht immer vor dem Zugriffe der Inquisition mit allen seinen Folgen zu schützen.

So sehen wir also in der antiken Technik einen Zeitraum der Entwicklung, der in ganz bestimmter Weise gekennzeichnet ist: durch gewaltige Leistungen, hervorgebracht mit verhältnismäßig einfachen Hilfsmitteln, und durch eine fast nach jeder Richtung hin freie Entwicklung! Zu diesen einfachen Hilfsmitteln sind aber nicht nur die Maschinen zu rechnen. Zu ihnen gehört vielmehr in erster Linie auch die wissenschaftliche Grundlage, auf der sich das technische Leben aufbaut. Das, was die Technik des Altertums leistet, ist vielfach so überraschend und derart außerordentlich, daß man häufig den Gedanken aussprechen hört, die Alten müßten über ein Wissen verfügt haben, das uns heute verloren gegangen ist, sie müßten Kenntnisse, insbesondere physikalischer Natur, besessen haben, von denen wir keine Ahnung mehr haben. Dieser Gedanke mag in einzelnen Fällen tatsächlich nicht immer ganz von der Hand zu weisen sein, ein restloser Beweis für seine Richtigkeit ist noch niemals erbracht worden. Die Entwicklung ging damals, worauf wir oben schon hinwiesen, eben in die Tiefe. Die astronomischen, mathematischen und physikalischen Kenntnisse, über die man verfügte, nützte man auf das höchste aus, man zog aus ihnen die letzten zu jener Zeit überhaupt möglichen praktischen Anwendungen. Mag die Kenntnis von irgendeinem Stoff oder irgendeiner Pflanze, die die Alten für irgendeinen technischen Zweck, z. B. zur Malerei oder bei der Balsamierung usw. usw. verwendeten, tatsächlich nicht auf uns gekommen sein: im allgemeinen ist uns genau bekannt, welches der Umfang und die Einzelheiten ihres Wissens waren. Nicht so sehr dieses Wissen ist es dann, das unsere Bewunderung erheischt, sondern die Art, wie man es in zielbewußter und sinngemäßer Weise ausnützte, so daß man auch mit verhältnismäßig einfachem Rüstzeug oft gerade so viel, manchmal sogar noch mehr erreichte als wir, die wir doch über so ausgedehnte Kenntnisse auf den verschiedensten Gebieten verfügen. Diese Ausnützung aller Möglichkeiten erstreckte sich auch auf den Menschen selbst und wird unterstützt durch den damals verhältnismäßig geringen Wert der Zeit — zwei Punkte, auf die wir in den nachstehenden Ausführungen noch öfters zurückkommen werden.

Wie bei uns, so waren es auch im Altertume neben der allgemeinen Erfahrung und den aus ihr gezogenen Folgerungen vor allem einzelne große Geister, die der Technik neue Wege wiesen. Die Namen dieser Bahnbrecher der Technik sind zum großen Teil verschollen, nur einzelne sind bis auf den heutigen Tag erhalten geblieben. Aber eines ergibt sich aus dem, was wir wissen: Die Stellung des Technikers war im Altertume vielfach eine angesehenere, als sie es bis vor kurzem bei uns gewesen ist, die wir doch alle so stolz auf unser sogenanntes „Zeitalter der Technik" und seine Erfolge sind. Wenn heute der Techniker wirklich jene Stellung einnimmt,

Digitized by Google

die ihm nach seiner Allgemeinbildung, nach seinem Wissen und nach seinen Leistungen gebührt, so darf man nie vergessen, daß er sie sich erst nach harten und schweren Kämpfen erringen mußte, und daß noch heute die Vertreter einzelner akademischer Stände glauben, sie seien etwas Besseres als er. Im Altertume hingegen war der hervorragende Techniker eine vielgesuchte Persönlichkeit, die sich des allergrößten Ansehens erfreute, und zwischen der und dem höchsten aller Stände, dem Priesterstande, sich bei einzelnen Völkern sogar gewisse Zusammenhänge vermuten lassen. Noch heute zeigt die Ausgestaltung mancher technischer Werke, welch hohe Ehre der Techniker im Altertume genoß: gab es doch z. B. im alten römischen Reiche fast keine Brücke, die nicht durch eine Art von Triumphbogen für ihren Erbauer gekrönt war. Die Mächtigen der Erde zogen den Techniker zu sich heran und gaben ihm in einzelnen Fällen eine ganz besondere hohe Stellung. Vielfach wurden auch eigene Gelegenheiten für die Ausbildung von Technikern geschaffen. Es gab besondere technische Behörden, und zwar sowohl staatliche wie städtische, ja manche Heere hatten sogar ein besonderes Ingenieurkorps.

Sehr weitgehend war im Altertume der Einfluß der Technik auf das Staatswesen, und zahlreiche Kennzeichen deuten darauf hin, daß man sich dieses Einflusses auch im vollen Maße bewußt war. Nur durch die Ausnützung technischer Hilfsmittel ließ sich der Staat erhalten, nur durch sie ließ sich jener Wohlstand schaffen, der die Grundlage seines Daseins bildete. In fast allen Reichen des Altertums wehrten die Techniker den Überschwemmungen der Flüsse und retteten dadurch weite Gebiete vor dem Untergange. Sehr häufig verstanden sie es, Sumpfgebiete durch Trockenlegung in fruchtbares Land und sandige Wüsten durch wohlausgebaute Bewässerungsanlagen in blühende Getreidefelder umzuwandeln. Sie waren es, die das Straßennetz schufen, das es ermöglichte, das Heer rasch an die entferntesten Grenzen des Reiches zu senden und diese dadurch nicht nur gegen feindliche Einfälle zu schützen, sondern sogar immer noch weiter hinauszurücken. Den Technikern verdankte man die starken Mauern, die dem Ansturme der Feinde trotzten, sie waren es, die alle jene Maschinen bauen mußten, durch die man den Gegner niederzwang. Der Techniker baute und verbesserte die zahlreichen Hilfsmittel des Verkehrs und trug so dazu bei, daß der Handel, diese hauptsächlichste Grundlage des Wohlstandes, blühte. So zeigten sich zwischen dem Bestehen des Staates und der antiken Technik zahlreiche Wechselbeziehungen, die rückwirkend wieder ihren Einfluß auf das Leben des einzelnen geltend machten. Die Technik schuf den Wohlstand, der Wohlstand stellte die Technik vor neue Aufgaben. Durch ihn entwickelt sich das künstlerische Leben, und hier ist es dann wieder die Technik, die der Kunst zahlreiche Hilfsmittel bereitet und zur Verfügung stellt. Die Städte und die Häuser gewinnen an Ausdehnung: Der Technik bleibt es vorbehalten, in Form von Kanalisation, Wasserleitung usw. usw. die hygienischen Grundlagen zu schaffen, deren Notwendigkeit für jede größere Gemeinde man schon im Altertum erkannt hatte. Welche schwierigen Aufgaben sie dabei zu lösen hatte, und wie meisterhaft ihr diese Lösung gelang, dessen sind die gewaltigen Überreste ihrer einstigen Leistungen heute noch unvergängliche Zeugen.

So stand also auch im Altertume bereits das gesamte staatliche und öffentliche Leben in weitgehendstem Maße unter dem Einflusse der Technik, und man kann wohl behaupten, daß auch damals schon jener Staat die besten Aussichten für die Zukunft hatte, der über die besten Techniker und über die besten technischen Hilfsmittel verfügte. Daß man sich dieser Tatsache wohl bewußt war, dafür sind uns zahlreiche Beweise erhalten. Nur wer die alte Technik kennt, ist imstande, das Altertum im vollen Umfange geistig zu erfassen!

Digitized by Google

Der Bergbau.

Ohne Bergbau keine Technik! Diese Wahrheit galt schon im Altertume, denn auch damals wäre jede technische Entwicklung unmöglich gewesen, wenn man es nicht verstanden hätte, der Erde die Schätze abzuringen, die sie in ihrem Schoße verbarg. Mit dem, was sie freiwillig darbot, ließ sich verhältnismäßig wenig anfangen. Holz und sonstige Pflanzenteile, herumliegende Steine, die Knochen erlegter Tiere und die Gräten gefangener Fische mochten dem Urmenschen und dem Wilden genügen. In dem Augenblicke, wo jene vielseitige Entwicklung menschlicher Tätigkeit einsetzte, die wir unter dem Begriffe der „Kultur" zusammenfassen, war man genötigt, sich nach anderen Hilfsmitteln umzusehen. Man brauchte Werkzeuge, um die zum Hausbau erforderlichen Materialien zu bearbeiten. Ackergeräte sowie bessere Waffen wurden nötig, und das häusliche Leben stellte so mancherlei Anforderungen, denen sich nur dadurch genügen ließ, daß man sich neue Stoffe dienstbar machte. Diese aber konnten zum großen Teil nur auf dem Wege des Bergbaus gewonnen werden.

Es läßt sich daher wohl behaupten, daß der Beginn der Kultur und die Anfänge des Bergbaus bei den einzelnen Völkern zusammenfielen. Freilich ist von keinem einzigen Volke des Altertums mit auch nur einigermaßen hinreichender Genauigkeit mehr festzustellen, wann dort die Technik des Bergbaus begann. Wahrscheinlich sind einzelne Völker des Orients ganz von selbst und in natürlicher Entwicklung dazu gekommen, die Tiefen der Erde nach Schätzen zu durchwühlen. Sie fanden bald hier, bald dort brauchbare Steine oder Edelmetalle. Der Wunsch, mehr davon zu besitzen, veranlaßte sie dann, weiter zu graben. So hat sich wohl hier zuerst eine bergbauliche Technik entwickelt. Als nun später Handel und Verkehr einsetzten, ging diese Technik auf andere Völker über. So berichtet z. B. die griechische Sage, daß der wahrscheinlich aus Phönizien stammende Kadmos am Berge Pangaeus in Thrazien Gold- und Silberbergwerke eröffnet habe, die wir wohl als die ältesten Europas ansehen dürfen. Ebenso sind Metallgruben auf einigen Inseln des Mittelmeeres und an den Küsten Spaniens durch die Phönizier angelegt worden. Auf ähnliche Weise kam der Bergbau durch den Verkehr in andere Länder, wie z. B. nach Britannien, wo Kaiser Hadrian, als er im Jahre 120 mit der sechsten Legion dorthin kam, sofort Bergwerke in Betrieb setzte, die bis zum Jahre 409 ausgebaut wurden. Natürlich brachte er auch die in den römischen Gruben übliche Bergbautechnik mit nach der britannischen Halbinsel.

Diese Technik stand nun bei den verschiedenen Völkern des Altertums auf einer verschieden hohen Stufe. Eine besondere Entwicklung zeigte sie bei den Ägyptern, die wahrscheinlich bereits zwischen 4000 und 3000 v. Chr. Kupferbergwerke auf der Sinai-Halbinsel anlegten. Außerdem aber sind uns aus jener Zeit noch die gewaltigen Steinbrüche von Turra bei Kairo erhalten, die den Beweis liefern, daß man bereits damals vom gewöhnlichen Tagebau zur Anlegung von Schächten übergegangen war. Man begnügte sich also in Ägypten nicht damit, den Berg einfach ab-

Digitized by Google

zutragen, sondern man drang tief in sein Inneres vor. Brunnen aus jener Zeit, wie z. B. der Josephsbrunnen in Kairo, führen bis zu 90 Meter senkrecht in die Tiefe. Wenn man schon um das Jahr 2500 v. Chr. derartige Brunnenschächte herzustellen verstand, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß man von dieser Fähigkeit auch für den Bergwerksbetrieb mancherlei Anwendung machte.

In ähnlich hoher Blüte wie bei den Ägyptern stand der Bergbau auch bei den Indern und bei den Chinesen, die gleichfalls schon vor etwa 5000 Jahren Bergwerke anlegten. Zwar sind diese Bergwerke heutzutage meist verschüttet, und die Forschung hat sich wenig mit ihnen beschäftigt, doch ergibt sich aus anderen Spuren die Tatsache, daß man auch schon damals das metallhaltige Erz von dem begleitenden „tauben Gestein" wohl zu unterscheiden verstand. Man trennte beide und warf, genau so wie jetzt, das nicht Verwertbare auf großen Halden zusammen. Die Halden unserer heutigen Bergwerke bilden für den Mineralogen, den Geologen, den Bergingenieur und für die Vertreter noch mancher anderer Zweige der Forschung eine unerschöpfliche Fundgrube. Ebenso sind auch die Halden alter Bergwerke jetzt noch sprechende Zeugen für den Stand einer untergegangenen Technik. Sie lassen uns erkennen, welche Metalle man damals zutage förderte, und geben uns Aufschluß über die Hilfsmittel, deren man sich dabei bediente. Über die Metalle und ihre weitere Verarbeitung ist in anderen Abschnitten dieses Werkes Näheres mitgeteilt. Hier, wo nur vom Bergbau gesprochen werden soll, interessiert uns in erster Linie die Art und Weise, wie damals die Bergwerke angelegt und betrieben wurden.

Ehe wir jedoch hierauf näher eingehen, sei noch vorausgeschickt, daß Anlage und Betrieb solcher Bergwerke bei fast allen Völkern des Altertums nach gleichen Grundsätzen gehandhabt wurden. Es wurde ja eben schon angedeutet, daß die Technik infolge der Entwicklung von Handel und Verkehr von einem Volk auf das andere überging. So finden wir also in den indischen und chinesischen Bergwerken so ziemlich dieselben Zustände wie später in den phönizischen und ägyptischen und noch später in den griechischen, römischen, keltischen, gallischen, britannischen usw. usw. Die Schätze, die man suchte, und die Erze, die man förderte, sind je nach dem Lande oft mehr oder minder verschieden, die Art und Weise ihrer Gewinnung bleibt so ziemlich dieselbe.

Der Bergarbeiter des Altertums war fast stets Sklave oder Verbrecher. Dieser Umstand erklärt, warum die verwendeten Hilfsmittel durch Jahrtausende hindurch so ziemlich die gleichen geblieben sind. Die Maschine hat den Zweck, die Arbeit des Menschen zu erleichtern oder Zeit und Arbeitskräfte zu sparen. Dem Sklaven brauchte man es nicht leicht zu machen, man hatte kein Mitgefühl mit ihm und seinem harten Los, das ihn bis zu seinem Ende in den finsteren Tiefen der Erde unter Qualen und Entbehrungen festhielt. Sklaven gab es meist im Überfluß, nach Feldzügen gewöhnlich so viele, daß man sie in großen Mengen hinrichtete. An Arbeitskräften war somit kein Mangel, und der Wert der Zeit war noch ein sehr geringer. So kommt es, daß in fast allen Bergwerken des Altertums mit äußerst einfachen Hilfsmitteln gearbeitet wird. In den von den Römern und Karthagern bearbeiteten Kupferminen von Rio Tinto und Tharsis in der spanischen Provinz Huelva ging die Einfachheit dieser Hilfsmittel so weit, daß die in den Bergwerken beschäftigten Sklaven die über den Erzen lagernden Tonschichten mit den Händen abkratzen mußten. Man sieht im Ton der alten Gruben heute noch Tausende von Fingerabdrücken, an denen man eine merkwürdige Beobachtung machen kann. Der Daumen ist nämlich durch die Eigenart der Arbeit ganz besonders entwickelt, genau so, wie er ja auch jetzt noch bei manchen Handwerkern eine besondere Entwicklung aufweist. Im übrigen aber arbeitete man im allgemeinen mit Hämmern und Keilen, wohl auch mit Knochen und Geweihen. Das bekannte

Digitized by Google

Bergwerkszeichen besteht aus zwei gekreuzten hammerartigen Werkzeugen, dem „Schlägel" und dem „Eisen", von denen das eine als Hammer dient, während das andere mit seiner Spitze in das Gestein hineingehämmert wird. Dieselben Formen weisen auch die Handwerkszeuge des alten Bergbaues auf: Ganz gleich, ob sie aus Horn, Knochen, Stein oder Metall hergestellt sind, wir finden immer das Eisen, also den Spitzkeil, der gegen das Gestein gehalten wird, und auf den man mit dem Schlägel hämmert. Bezeichnenderweise heißt der Schlägel heute noch in der Bergmannssprache auch „Fäustel", eine Benennung, die uns erklärlich wird, wenn wir in den alten Bergwerken oder auf ihren Halden Steine finden, deren Gestalt darauf hinweist, daß sie als Hammer benutzt und einfach mit der Faust gehandhabt wurden. In einem verschütteten Gange des erwähnten altrömischen Bergwerkes in der spanischen Provinz Huelva lagen fünfzehn Skelette, von denen, als man sie aufdeckte, einzelne noch mit der Faust den steinernen „Fäustel" umspannten. Der „Fäustel" wurde aber sehr oft auch mit einem Stiel versehen und so zum richtigen Hammer, ebenso wie man auch durch den Spitzkeil einen Stiel hindurchsteckte oder ihn mit Hilfe von Stricken daran festband.

Derartige Werkzeuge finden wir auch auf den alten, wahrscheinlich aus dem 7. oder 6. Jahrhundert v. Chr. stammenden Weihetäfelchen abgebildet, die fast die einzigen erhaltenen bildlichen Darstellungen vom Betrieb alter Bergwerke sind. Diese aus bemaltem Ton bestehenden Weihetäfelchen, die sogenannten „korinthischen Pinakes", die sich größtenteils im Berliner Antiquarium befinden, zeigen, daß die Arbeit in den Bergwerken wegen der Hitze gewöhnlich in nacktem Zustande vorgenommen wurde, oder daß man nur einen Schurz trug. Die Form des Hammers und die Länge des Stiels war ebenso wie die der übrigen Werkzeuge der Art des Gesteins sowie der Art der Arbeit, die bald im Stehen, bald im Sitzen, bald im Liegen ausgeführt wurde, angepaßt. Wir erkennen aus den Täfelchen, daß die Bergwerke auch durch von der Decke herabhängende Amphoren erleuchtet wurden, so daß also die Beleuchtung nicht immer durch die meist in kleinen Gesteinshöhlungen aufgestellten Lampen geschah und daß Knaben das Gestein in Henkelkörben sammelten, die dann verschnürt, in die Höhe gereicht und durch andere Knaben weitergegeben oder fortgetragen wurden (siehe Abb. 1 und 2). Um ins Bergwerk hinabzusteigen, benutzte man, wie die linke Seite von Abb. 2 vermuten läßt, u. a. (Leitern?) auch in das Gestein gehauene Trittstufen oder eingelassene Holzklötze.

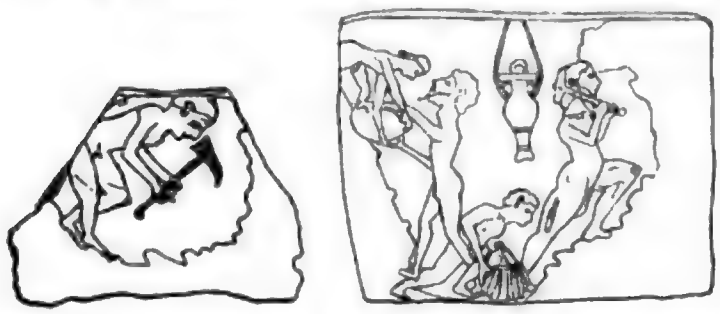


Abb. 1 u. 2. Darstellung von Arbeiten in Bergwerken des Altertums nach korinthischen Pinakes.

Man muß staunen, wenn man bedenkt, daß mit derartigen einfachen Werkzeugen lange Gänge in das Gestein hineingehauen wurden. Man hat berechnet und aus den Spuren der Spitzkeile festgestellt, daß man im Laufe von vierundzwanzig Stunden in noch verhältnismäßig weichem Gestein nur etwa um einen Zentimeter vordrang. Der Fortschritt in hartem Gestein betrug bei den Völkern des Altertums durchschnittlich nicht mehr als acht bis zehn Meter pro Jahr. Diese geringe Leistung glich man dadurch aus, daß man die Gänge sehr niedrig machte, daß man nur an den Erzadern entlang arbeitete und sich nach Möglichkeit hütete, überflüssiges Gestein zu entfernen. Die Stollen und Gänge wurden infolgedessen so eng, daß sich ein Sklave

Digitized by Google

nur mit Mühe und Not hindurchzwängen konnte. In manchen Bergwerken, insbesondere in den ägyptischen, griechischen und römischen, verwendete man, um möglichst wenig Gestein entfernen zu müssen, sogar vielfach nur Kinder. Trotzdem die Sklaven durch den Aufenthalt in den Bergwerken, durch die ungesunde Stellung beim Arbeiten sowie durch Krankheiten — in Bleibergwerken insbesondere durch die Bleikrankheit — entkräftet waren, mußten sie doch oft sehr schwere Werkzeuge handhaben. Man hat Hämmer gefunden, deren Gewicht zwischen 9½ bis 12 Kilogramm schwankt.

Dabei fehlte es an allen und jeglichen Sicherheitsvorkehrungen. Die Gänge wurden nicht gestützt und fielen deshalb sehr oft ein, die Arbeiter unter sich begrabend. Zahlreich sind die Funde von Skeletten erschlagener Bergwerkssklaven, die in alten Gruben gemacht werden. Ebensowenig suchte man die Luft zu erneuern oder sonstige gesundheitliche Maßnahmen zu treffen. War die Luft im Innern des Bergwerkes so heiß und schlecht geworden, daß man sie nicht mehr atmen konnte, so verließ man den Ort und nahm eine neue Stelle in Angriff. Besonders empfindlich dürften sich diese Verhältnisse überall da geltend gemacht haben, wo man außer mit Schlägel und Eisen auch noch mit dem einzigen sonstigen technischen Hilfsmittel arbeitete, das zum Loslösen der Gesteine geeignet war, nämlich mit dem Feuer. Man erhitzte das Gestein und begoß es dann mit Wasser. Rauch und Qualm fanden keinen Abzug. Diese Art der Anlegung von Stollen und Gängen beschreibt Plinius folgendermaßen: „Es werden Stollen in die Berge getrieben und weitläufig untersucht. Man nannte diese Stollen arrugia, kleine Wege oder kleine Straßen. Oft stürzten diese Stollen ein und begruben unter sich viele Arbeiter. Kommen sehr harte Gesteine vor, so versucht man sie mit Feuer und Essig zu sprengen.[1]) Weil der dadurch entwickelte Dampf und Rauch oft die Arbeiter erstickte, so zerschlagen die letzteren lieber das Gestein in Stücken von 150 Pfund und darüber und verwenden dazu eiserne Keile und Hämmer. Diese Stücke werden aus den gehauenen Gängen fortgeschafft, so daß eine freie Höhlung entsteht. Solcher Höhlungen werden so viele, eine neben der anderen, in den Berg eingetrieben, bis dieser mit Krachen und Getöse zusammenstürzt, und das innere Gestein zutage tritt. Häufig tritt die gesuchte und erhoffte Goldader nicht zutage, und die schwere und langandauernde Arbeit, die oft viele Menschenleben gekostet hatte, war vergebens gewesen."

Es ist erstaunlich, daß man mit derartig einfachen Hilfsmitteln oft bis zu beträchtlichen Tiefen vorzudringen vermochte. Wenn Diodor erzählt, die Römer hätten Gruben gehabt, die „stadientief" waren, so ist dies durchaus keine Übertreibung; hat man doch z. B. in einer spanischen Grube in zweihundert Meter Tiefe eine Kupfertafel mit einer altrömischen Inschrift gefunden[2]).

Nicht minder einfach erfolgte jener Teil des Bergwerksbetriebes, den man heutzutage die „Förderung" nennt. Das Erz wurde in Säcke oder Tröge eingefüllt und von Kindern, die in den niedrigen Stollen oft allein mit der Last vorwärts kommen konnten, herausgeschleppt. War man im Innern des Berges auf eine Höhlung gestoßen, so sortierte man es wohl schon hier, sonst aber fand die Sortierarbeit erst „über Tag" statt. Aus der Größe der Säcke und dem spezifischen Gewicht der Erze hat man berechnet, daß die von einem solchen Kinde getragene Last oft bis zu zwanzig Kilogramm betrug. Wie viele dieser armen Kinder mögen nicht unter derartig schweren Lasten und unter den Peitschenhieben der Aufseher zusammengebrochen sein! Manche Gänge alter Bergwerke sind so steil, daß man, ebenso wie auch bei den senkrechten

[1]) Über den „Essig" zum Sprengen der Gesteine siehe Seite 468.
[2]) Über das „Stadion" siehe Seite 506.

Digitized by Google

Schächten, die Verwendung von Seilen zur Förderung annehmen muß. Gefunden haben sich solche Seile aber nicht.

Je weiter man in die Tiefe kam, desto häufiger stieß man natürlich auch auf Wasseradern, desto häufiger mögen sich Wassereinbrüche ereignet haben. Aber auch eine „Wasserhaltung" in unserem Sinne gab es nicht. Das Wasser wurde mit Gefäßen oder ledernen Schläuchen ausgeschöpft, die von Hand zu Hand weitergereicht wurden. Die Ägypter zogen solche Säcke an Seilen empor, die mit einer Haspel auf-

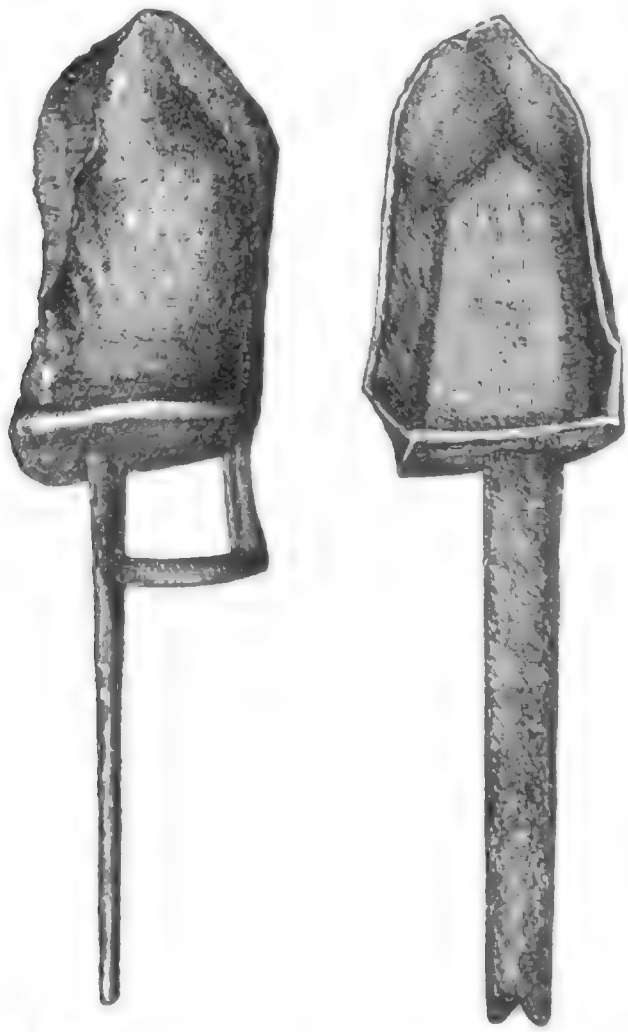


Abb. 3 und 4. Löffelartige Bergwerkslampen aus Blei. Gefunden zu Villefranche.

gewunden wurden, eine Art der Wasserförderung, die man ja von den urältesten Zeiten bis auf den heutigen Tag auch noch an den Brunnen vielfach zur Anwendung bringt. Konnte man des Wassers nicht mehr Herr werden, so mußte man eben notgedrungen das ganze Bergwerk ersaufen lassen, womit nicht selten die Arbeit vieler Jahrzehnte, ja oft von Jahrhunderten zunichte gemacht war.

Die Beleuchtung entsprach in bezug auf ihre Einfachheit allen übrigen Einrichtungen der damaligen Bergwerke. Sie geschah vielfach mit Holzstücken, die mit Harz oder Fett getränkt und an den Wänden mit Lehmklumpen befestigt waren. Auch Reisigbündel wurden angezündet. In einzelnen altrömischen Bergwerken, wie z. B. in dem zu Villefranche, fand man auch bleierne löffelartige Bergwerkslampen

Digitized by Google

(Abb. 3 und 4). Der Hohlraum des Löffels wurde mit Öl gefüllt, in das ein Docht gelegt wurde, den man anzündete. Die Lampe wurde dann an einem geraden Stiel gehalten. Im gleichen Bergwerke sind auch tönerne Krukenlampen gefunden worden, die in bezug auf Form und Aussehen jenen entsprechen, wie man sie auch zur häuslichen Beleuchtung verwendete (Abb. 5 bis 7). Daß man Lampen dieser Form für Bergwerke gleichfalls aus Blei herstellte, beweist eine von Treptow erwähnte, in Tunis gefundene Lampe, die aus doppeltem Bleiblech besteht. Wahrscheinlich

Abb. 5, 6 und 7. Tönerne Krukenlampen als Bergwerkslampen verwendet. Gefunden zu Villefranche.

wurden die tönernen Lampen bei der Bergwerksarbeit zu leicht zertrümmert, was weniger wegen der damals wohl kaum beachteten Kosten als vielmehr wegen der dann herrschenden Dunkelheit sehr unangenehm war. Deshalb stellte man sie wohl teilweise aus dauerhafterem Material her.

Die Technik des Bergbaues zeigt während des ganzen Altertums, und zwar von den ältesten Spuren bis zum Untergange des römischen Weltreichs, fast keine Fortschritte in bezug auf die verwendeten technischen Hilfsmittel. Um so mehr müssen uns die gewaltigen Leistungen in Erstaunen setzen, die man auf diesem Gebiete sowohl in bezug auf die Tiefe der Schächte wie auch in bezug auf die Menge der geförderten Erze vollbrachte, Leistungen, die eben nur durch die Unmasse des zu ihrer Erzielung geopferten Menschenmaterials ihre Erklärung fanden.

Literatur zum Abschnitt: „Bergbau".

Beck, Die Geschichte des Eisens. Erste Abteilung. Braunschweig 1891.

Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Vierter Band. Leipzig 1887.

— Technische Probleme aus Kunst und Handwerk der Alten. Berlin 1877.

Danbrée, Aperçu historique sur l'exploitation des mines métalliques dans la Gaule. Paris 1881.

Freise, Bergbau vor 5000 Jahren. Technische Monatshefte 1914, 1, S. 31.

— Berg- und hüttenmännische Unternehmungen in Asien und Afrika während des Altertums. Ztschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen 1908, Bd. 56, S. 347 ff.

— Geschichte der Bergbau- und Hüttentechnik. Berlin 1908.

Herodot, Geschichten. 1. Buch, 185; 6. Buch, 46—47.

H. H. Montanus, Antiker Bergbau in Griechenland. Mont. Rundschau 1902, S. 1202 bis 1244.

Mosso, Le armi più antiche di rame e di bronzo. Roma 1908.

Mosso, Der Bergwerksbetrieb der Alten. Welt d. Technik 1911, 4. 76.

Rohrer, Die alten Kupfergruben in Chalkis. Athen 1909.

Strunz, Die Chemie im klassischen Altertum. Sonderausgabe aus der Zeitschrift „Die Kultur" 1905, S. 474.

Treptow, Bergbau und Hüttenwesen. Leipzig 1900.

— Die älteste Geschichte des Bergbaus und die geschichtliche Sammlung für Bergbaukunde der königl. Sächsischen Bergakademie Freiberg. Vortrag, gehalten auf der Naturforscherversammlung zu Dresden, September 1907.

— Der altjapanische Bergbau- und Hüttenbetrieb. Sonderabdruck aus dem Jahrbuch f. d. Berg- u. Hüttenwesen im Königreich Sachsen. Jahrgang 1904.

— Der älteste Bergbau und seine Hilfsmittel. Beiträge zur Geschichte der Technik und der Industrie. 1918. Band 8, S. 155 ff.

Vom Bergbau der alten Römer. Welt d. Technik 1904, S. 396.

Die Metalle und ihre Gewinnung. (Das Hüttenweſen.)

Der griechiſche Dichter Heſiod, der um das Jahr 770 v. Chr. lebte, erzählt die bekannte Geſchichte von den vier verſchiedenen Zeitaltern des Menſchengeſchlechts: dem goldenen, dem ſilbernen, dem bronzenen und dem eiſernen. Lange Zeit hat man an dieſe Fabel geglaubt und angenommen, daß den Menſchen zuerſt das Gold, dann das Silber, hierauf die Bronze und ſchließlich das Eiſen bekannt geworden ſei. Neuere Forſchungen haben die Unhaltbarkeit dieſer Annahme erwieſen. Es hat ſich gezeigt, daß man bei den Völkern des Altertums von irgendeinem durch die hauptſächlichſte Benutzung eines Metalls gekennzeichneten Zeitalter überhaupt nicht ſprechen kann. Zunächſt läßt ſich überhaupt nicht feſtſtellen, welches Metall der Menſch zuerſt kennen lernte; dann aber ergeben ſich durchaus nicht bei allen Völkern die gleichen Verhältniſſe. So iſt ein „bronzenes Zeitalter" im Heſiodſchen Sinne ſchon deshalb ein Ding der Unmöglichkeit, weil es im Altertum viele Völker gab, denen die zur Herſtellung der Bronze nötigen Stoffe überhaupt fehlten. Sie konnten die Bronze alſo erſt dann kennen lernen, wenn zwiſchen ihnen und anderen Völkerſchaften, die über die zur Herſtellung dieſes Materials nötigen Stoffe verfügten, Handelsbeziehungen beſtanden. Knüpften ſich aber ſchon vorher Handelsbeziehungen zu anderen, mit der Eiſengewinnung vertrauten Völkern an, ſo mußte bei ihnen dem bronzenen Zeitalter natürlich ein eiſernes vorangehen. Andererſeits gehört das Gold ſicherlich zu den älteſten überhaupt bekannten Metallen; mußte doch überall da, wo es ſich in Form von Körnern in Flüſſen abgelagert hatte, ſein Glanz ſchon frühe die Aufmerkſamkeit erregen. Nicht überal laber findet man derartiges gediegenes Gold, und ſo manches Volk hat ſicherlich ſchon lange andere Metalle gekannt und benutzt, ehe es Gold zum erſten Male zu Geſicht bekam.

Gold.

Im allgemeinen läßt ſich die Behauptung aufſtellen, daß die meiſten Völker beim Beginn ihrer geſchichtlichen Zeit das Gold, das Silber, das Kupfer, das Eiſen, das Blei und vielfach auch das Zinn kannten. Von den Ägyptern ſteht feſt, daß ſie bei ihrem Eintritt in die Geſchichte, alſo etwa um das Jahr 3000 v. Chr., mit dem Golde, dem Kupfer, dem Silber, dem Blei und dem Eiſen bekannt waren. Das Gold, von ihnen „Nub" genannt, war angeblich von Oſiris entdeckt worden und wurde von dem Goldlande, von „Nubien", geliefert. Da die Nubier ihre Goldſchätze nicht freiwillig herausgaben, ſo fanden ſtändig Kriegszüge der Ägypter dorthin ſtatt. So groß ſoll der Reichtum Ägyptens bzw. Äthiopens an Gold geweſen ſein, daß man, wie Herodot erzählt, ſelbſt die Gefangenen mit goldenen Ketten feſſelte, worüber die Abgeſandten des Perſerkönigs Kambyſes ſehr erſtaunten. (Herodot III. 22. 23.) Nun beſtehen aber die Erzählungen Herodots aus einem Gemenge von Dichtung und Wahrheit. Da man niemals goldene Sklavenketten aufgefunden hat, ſo

dürfte diese Erzählung wohl in das Reich der Fabel zu verweisen sein. Immerhin war der Reichtum, den Ägypten aus den nubischen Goldbergwerken zog, ein ungeheurer. Diodor berichtet, daß die jährliche Ausbeute der nubischen Goldgruben zur Zeit Ramses' II. (1300—1230 v. Chr.) an die 32 Millionen Minen, d. h. etwa 2660 Millionen Mark betragen habe.

Von der Technik der altägyptischen Goldgewinnung hinterließ uns Diodor eine ausführliche Beschreibung. Das nubische Gold war in Form von Adern in Quarz eingesprengt. Sklaven und Verbrecher arbeiteten in der schon im Abschnitte „Bergbau" beschriebenen Weise, indem sie mit Hilfe von Hammer und Spitzkeil Gänge aushieben, die in der Richtung der Goldadern verliefen. Knaben unter 17 Jahren schleppten die Steine heraus, die dann in Steinmörsern mit Hilfe eiserner Stempel zerstoßen wurden. Die Zerkleinerung des goldhaltigen Rohmaterials wird zunächst bis zur Erbsengröße durchgeführt. Die erbsengroßen Stücke werden in steinernen Mühlen zu Pulver zer-

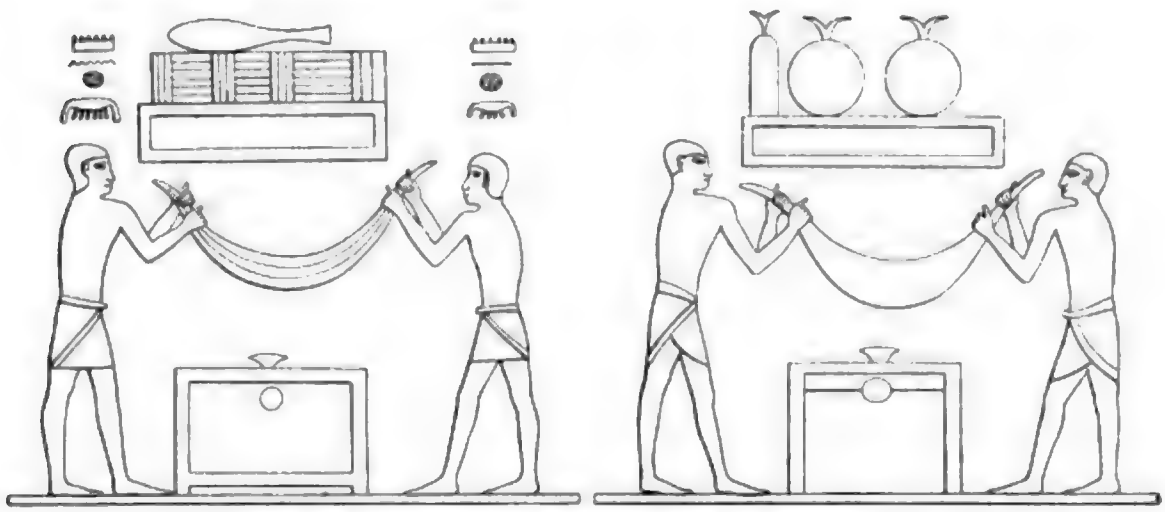


Abb. 8. Auswaschen des Goldes in Ägypten.
Zwei Arbeiter behandeln das Gold in einem Sack, den sie hin- und herschleudern, mit Wasser, um die leichteren Sandteile zu entfernen. In den Säcken befinden sich wahrscheinlich Schwämme, in denen die Goldkörner hängen bleiben. Darunterstehende Tische scheinen nach Ansicht des Verfassers als Truhen ausgestaltet zu sein, in die oben durch den angedeuteten Trichter das Waschwasser hineinläuft. Es sammelt sich in der Truhe unter der Tischfläche, so daß das in ihm etwa noch enthaltene Gold gleichfalls gewonnen werden kann.
Darstellung aus Beni Hassan. 16. Jahrh. v. Chr.

mahlen. Das Pulver kommt auf Holztische und wird dort mit Wasser geschlämmt, wobei Schwämme zur Anwendung kommen, an denen sich die Goldflitter festsetzen. Durch das Schlämmen wird der leichte Sand weggeführt, während der infolge seines Goldgehaltes schwerere liegen bleibt. Er wird dann mit Blei verschmolzen, um das Gold von der Gesteinsart zu trennen. Dann folgt ein abermaliges Einschmelzen unter Zugabe von neuem Blei und Kochsalz, das fünf Tage lang dauert. Die Verunreinigungen des Goldes, die aus ihnen und den Zusätzen gebildeten Verbindungen sowie der Überschuß dieser sublimieren teilweise, teilweise aber verschlacken sie zusammen mit dem Chlorsilber, das aus dem im Gold enthaltenen Silber entstanden ist, mit der Masse des Tiegels. Im Tiegel selbst bleibt reines Gold zurück. Zum Betriebe der Schmelzöfen verwendet man Blasebälge, die mit Hilfe von Stricken hochgezogen und mit dem Fuße wieder niedergetreten werden.

In ähnlicher Weise dürfte die Gewinnung des Goldes auch bei den Völkern des Orients vor sich gegangen sein. Bei ihnen allen findet sich Gold, das teils aus eigenen Betrieben stammt, teils aus Afrika eingeführt wurde. Einzelne Länder, wie

Digitized by Google

z. B. das sagenhafte wahrscheinlich in Südafrika gelegene Goldland Ophir, aus dem König Salomon das zum Tempelbau nötige Gold bezog, sind wegen ihres Goldreichtums berühmt. Allerdings stand die Technik der Goldgewinnung nicht überall auf so hoher Stufe wie bei den alten Ägyptern, bei denen, wie wir sahen, bereits chemisch-hüttenmännische Verfahren zur Anwendung kamen. Überall da, wo man das Gold an sekundären Lagerstätten, also bereits aus den verwitterten Gesteinen ausgeschwemmt, vorfand, bediente man sich einfacherer Hilfsmittel, um es zu gewinnen. Strabo (XI 2, 19) beschreibt diese Art der Gewinnung folgendermaßen: „Es wird erzählt, daß die Bergwässer auch Gold talwärts bringen, und daß es die Barbaren in Trögen auffangen, die mit Löchern versehen sind, und in langhaarigen Fellen, woher auch erzählt worden ist die Fabel vom Gold tragenden Vlies". Diese Art der Gewinnung bestätigt Appian (Bellum Mithridaticum): „Gold führen aus dem Kaukasus heraus viele Quellen in unsichtbaren Körpern, und die Bewohner legen Schaffelle in die Strömung hinein, und zwar dichthaarige. Das Körnchen nun, das darin festgehalten wird, sammeln sie aus ihnen heraus. Ein solches Fell war vielleicht auch das goldene Vlies des Aetes". In der Tat stellt sich der Argonautenzug (etwa 1350 v. Chr.), den die Griechen nach dem Goldlande Kolchis unternahmen, als ein gewöhnlicher Raubzug dar, der wohl weiter keinen Zweck hatte, als goldene Vliese, d. h. die zum Auffangen der Goldkörner in die Strömung gelegten Widderfelle zu erbeuten. Somit gibt uns diese altgriechische Sage vom Zuge der Argonauten einen bemerkenswerten Einblick in eine alte Technik der Goldgewinnung, die im übrigen noch vor wenigen Jahrzehnten in Afrika und Kalifornien in ähnlicher Weise ausgeübt wurde. Auch die Römer bedienten sich ähnlicher Verfahren, als sie die spanischen Goldlager ausbeuteten. Hier fand sich das Gold im Innern von Bergen. Es handelte sich darum, es zunächst einmal an das Tageslicht zu schaffen, wozu man nach den Mitteilungen des Plinius ein eigenartiges Verfahren anwendete. Man drang durch Anlage von Schächten in das Berginnere vor und schuf dort eine Höhlung, deren Decke durch Pfeiler gestützt wurde. Dann brachte man diese Pfeiler und damit die ganze Höhlung zum Einsturz. Das Geröll wurde durch Flüsse, die man in besonders angelegten Leitungen („corrugi") in das Innere des Berges hineinführte, herausgewaschen. Die Wassermassen wurden in zahlreiche Gräben („agogas") verteilt, in denen sie langsam dahinflossen. In diese Gräben legte man dann Laubwerk und Reiser, die die Stelle des Vlieses vertraten. In ihnen sammelte sich das Gold, das dann zusammengeschmolzen wurde. Nach Berechnungen von Breidenbach haben die Römer (hauptsächlich in den spanischen Goldgruben) auf diese Weise etwa 500 Millionen Tonnen (1 Tonne = 1000 Kilogramm) Gesteinsmassen auf Gold verarbeitet.

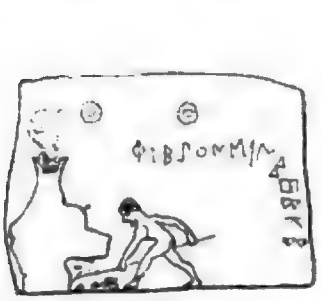
Silber.

Das Silber, auch weißes Gold genannt, kam bei den Ägyptern erst nach dem Golde zur Verwendung. Wahrscheinlich wurde es von den Phöniziern nach Ägypten eingeführt. Eine Legierung von Gold und Silber, „Asem" genannt, wurde im Altertum als selbständiges Metall angesehen. Diese Legierung, die neueren Analysen zufolge $^4/_5$ bis $^3/_4$ Gold und $^1/_5$ bis $^1/_4$ Silber enthält, wird von Plinius „Elektron"[1]) genannt und stellt eine Verbindung dar, die man sowohl auf natürlichem Wege wie

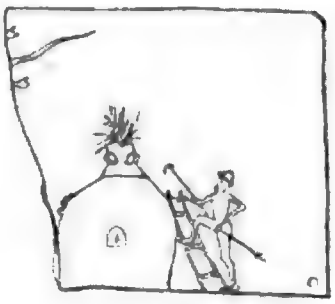
[1]) Nach der Ansicht von Rhousopoulos rührt der (schon im alten Griechenland gebräuchliche) Name daher, daß die Farbe der Legierung der des Bernsteins (ἤλεκτρον) ähnelte.

Digitized by Google

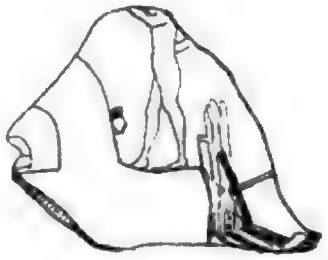
auch auf künſtlichem erzeugen kann. Die Römer, die ſie auf künſtlichem darſtellten, hatten alſo im Gegenſatz zu den Ägyptern bereits erkannt, daß das „Aſem“ bzw. „Elektron“ kein ſelbſtändiges Metall iſt. Hingegen iſt Plinius das gediegene Silber nicht bekannt, was um ſo mehr wundernehmen muß, als ja wohl ein beträchtlicher Teil des im Altertum verwendeten Silbers im gediegenen Zuſtande gefunden worden ſein dürfte. Die attiſchen Silberbergwerke lieferten bei Beginn der Perſerkriege (490—449 v. Chr.) für über zwei Millionen Mark Silber. Wie alt die Verwendung des Silbers in Griechenland war, mag man daraus erſehen, daß bereits Homer verſchiedentlich von ſeiner Verwendung ſpricht. So erzählt er z. B., daß das Schwert des Achilleus ein ſilbernes „Heft“ (Ilias I. 219) und daß ſein Schild ein ſilbernes Gehenk hatte (Ilias XVIII. 480) uſw. Man kann wohl behaupten, daß das Silber bei allen Völkern des Altertums weiter verbreitet war als das Gold.



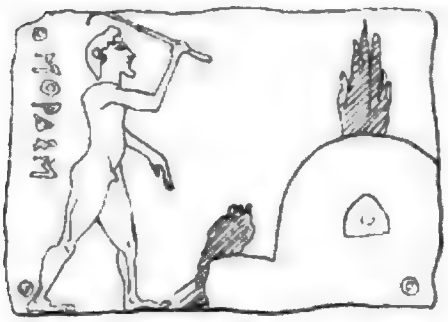
9



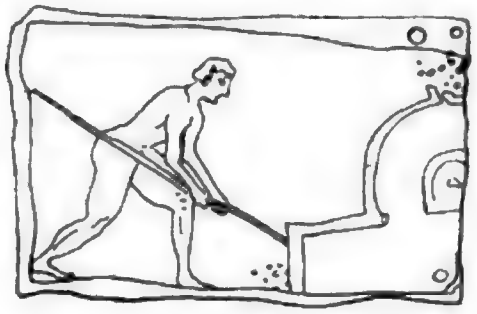
10



11



12



13

Abb. 9—13. Darſtellung alter metallurgiſcher Öfen auf korinthiſchen Pinakes.

Germanien iſt arm an dieſem Metall. Zur Zeit des Tacitus befindet ſich in dieſem Lande nur ein einziges Silberbergwerk.

Soweit man das Silber nicht in gediegenem Zuſtand auffand, wurde es aus ſilberhaltigen Erzen durch hüttenmänniſche Verfahren gewonnen. Welcher Art dieſe Verfahren aber waren, darüber laſſen ſich keinerlei zuverläſſige Angaben machen. Sie werden in alten Schriftſtellern zwar erwähnt, aber niemals eingehender beſchrieben, und die faſt einzige eingehendere Beſchreibung, die uns erhalten geblieben iſt, die von Plinius[1]), iſt ſo unklar und verworren, daß man ſich kein rechtes Bild vom Vorgange der Silbergewinnung machen kann. Wahrſcheinlich verſtand Plinius ſelbſt nicht viel davon und ſchrieb nur das, was er gehört hatte, in unklarer Form nieder. Jedenfalls aber geht aus ſeinen Angaben ſowie aus denen von Strabo (IV 399, 400) ſo viel hervor, daß man ſilberhaltigen Bleiglanz für ſich verhüttete, oder daß man Silbererze mit Blei verſchmolz. In beiden Fällen erhielt man durch

[1]) Hist. nat. insbeſ. XXXIII 6, 31, 35, 44 und XXXIV 16, 47.

das Schmelzverfahren ein silberhaltiges Blei (Werkblei), das dann abgetrieben wurde. Man erhitzte es bei Luftzutritt auf offenem Herd und führte so das Blei in eine seiner Oxydverbindungen, in rote Bleiglätte (λιθάργυρος), über. Das reine Silber bleibt zurück. Außerdem entstand bei diesem Verfahren noch Schlacke (σκωρία, ἔλκυσμα) mit einem Gehalt von wahrscheinlich 24 v. H. Blei und Ofenbruch (σποδός), seiner chemischen Zusammensetzung nach Zinkoxyd, das sich an den oberen Ofenteilen absetzte.

Die Reinheit des Silbers wurde durch Erhitzen geprüft. Reines Silber läßt sich an der Luft glühen, ohne seine Farbe zu verändern. Wird es beim Glühen auf einer eisernen Platte braunrot, so ist es nach damaliger Annahme weniger rein, wird es schwarz, so ist es unrein. Es liegt hier eine sehr richtige Beobachtung vor, da sich ja die Legierungen des Silbers mit anderen Metallen, insbesondere mit Blei und Kupfer, beim Erhitzen an der Luft in der beschriebenen Weise verfärben. Jedenfalls aber machten die in den Silbererzen sowie in den silberhaltigen Bleierzen vorkommenden übrigen Metalle manchmal ziemlich viel zu schaffen. Man muß annehmen, daß Arsen und Zink so manche Schwierigkeit bereiteten, der man vielleicht, insbesondere in Griechenland, durch die Konstruktion besonderer Öfen begegnete, in denen sie sich verflüchtigen konnten. Hierauf lassen verschiedene Umstände schließen, vor allem der, daß uns auf den bereits Seite 14 erwähnten tönernen Weihetafeln, den „korinthischen Pinakes", auch eingeritzte Zeichnungen von Öfen sowie an verschiedenen Stellen auch Reste solcher erhalten geblieben sind. Die Öfen waren, soweit dies die korinthischen Pinakes erkennen lassen, unten mit einer Feuerung und oben mit einer Öffnung versehen, aus der der Rauch abzog und manchmal wohl auch die Flamme herausschlug. Manche scheinen von unten (Abb. 9), manche von oben her (Abb. 11 und 12) mit dem Brennmaterial beschickt worden zu sein, wenigstens läßt der seitwärts angebrachte Auftritt und das Hinauftreten eines Mannes auf ihn vielleicht einen derartigen Schluß zu. Die Öfen hatten in der Mitte eine Öffnung, die durchzugehen scheint und die wohl eine Muffel oder einen Treibherd darstellt. Wo der Auftritt fehlt, wird zum Besteigen des Herdes eine Leiter verwendet. Auf einer Weihetafel (Abb. 13) ist ein scheinbar ausgebrannter Ofen zu sehen, bei dem augenscheinlich aus dem hohlen Auftritt die Schlacke herausgeräumt wird. In manchen Gegenden, vor allem in Griechenland, wurde das Silber vor der Verarbeitung zu Schmucksachen, Münzen usw. nochmals besonders gereinigt. Das Reinigungsverfahren ist nicht bekannt. Auch die bei dieser Reinigung abfallenden Schlacken (jetzt ἀσημυρίτις κέγχρος = Silberhirse genannt) wurden nochmals nach einem gleichfalls unbekannten Verfahren verarbeitet, um das darin enthaltene Silber zu gewinnen.

Kupfer.

Nicht minder verbreitet als das Silber war das Kupfer. Wann man es kennen lernte, hat sich nicht feststellen lassen. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß sehr viele Völker des Altertums das Kupfer schon lange vor dem Eisen kannten. Bei den Germanen ist es umgekehrt. Sie lernten das Kupfer erst kennen, als sie das Eisen schon lange benutzten, und es ist anzunehmen, daß sie es niemals selbst darstellten, sondern jedenfalls auf dem Handelsweg erwarben. Im übrigen aber finden wir Kupfer bei allen Völkern des Altertums, und zwar teilweise in sehr beträchtlichen Mengen, sowohl rein wie auch in seiner wichtigsten und so viel verwendeten Legierung mit Zinn, der Bronze. Es ist unmöglich, die alten Fundstätten des Kupfers alle auf-

Digitized by Google

zuzählen, so groß war ihre Anzahl. Die ältesten Kupferbergwerke Ägyptens liegen am Sinai und sind nach Ansicht von Berthelot bereits etwa 5000 v. Chr. in Betrieb genommen worden. Diese Zahl dürfte wohl etwas zu hoch gegriffen sein, Tatsache aber ist, daß die alten Kupfergruben des Sinai noch unter der Regierung des ägyptischen Königs Tutmes III. (1515—1461 v. Chr.) ausgebeutet wurden. Die Erze der sinaitischen Gruben enthielten hauptsächlich Karbonate und Hydrosilikate des Kupfers (Malachit und Chrysokoll). Das Erz fand sich nicht allzu reich im Sandstein, so daß, um daraus das Kupfer zu gewinnen, jedenfalls sehr umfangreiche und weitgehende Aufbereitungsarbeiten nötig waren. Zum Verschmelzen der Erze dienten aus Sandsteinen aufgebaute Öfen, in die Tiegel hineingestellt wurden, die aus einem Gemenge von Quarz, Sand und Ton hergestellt waren. Da der Sinai zu jener Zeit nicht bewaldet war, so ist das zum Betriebe dieser Öfen nötige Brennholz jedenfalls von weit her geschafft worden. Die im Jahre 1896 aufgefundenen Schlacken, die teils dunkel und schwer, teils hell und leicht sind, sowie erstarrter Glasschaum verschiedenartigster Zusammensetzung beweisen, daß der Ofengang schwerfällig und unvollkommen war, und daß der Prozeß der Kupferausbringung wohl nicht immer gleich und einheitlich verlief. Irgendwelche Spuren, daß man Blasebälge verwendete, haben sich am Sinai nicht gefunden. Nach einer Angabe von Hesiod wurden aber später bei den Griechen Tiegel verwendet, die unten mit einer seitlichen Öffnung versehen waren, durch die mit Hilfe eines Blasebalges Wind zugeblasen werden konnte. Während man sonst vielfach geschwefelte Erze verwendete, kamen am Sinai nur oxydische zur Verhüttung.

Im übrigen aber wurden bei den verschiedensten Völkern des Altertums auch schwefelhaltige Erze auf Kupfer verarbeitet. Diese schwefelhaltigen Erze, die Pyrite, wurden zunächst, um sie in Oxyde überzuführen, einem Röstprozeß unterworfen. Über diesen Röstprozeß hat uns Dioscorides ausführliche Angaben hinterlassen, aus denen hervorgeht, daß man das Röstverfahren genau nach dem Muster der Kalkbrennerei ausführte. Man baute aus dem Material selbst Öfen und füllte sie, nachdem man unten Brennmaterial hineingegeben hatte, mit dem abzuröstenden Erze. Dann wurde angezündet, und nun beschränkte sich die Arbeit der Röster darauf, Brennmaterial nachzufüllen. Die Pyrite rösteten dann von selbst ab, das Ende der Röstung erkannte man nach Dioscorides daran, daß das Erz rot geworden war. Die eigentlichen Schmelzöfen für Kupfer, wie sie insbesondere auf der Insel Cypern im Gebrauch waren, die seit den ältesten Zeiten nach allen Teilen der Alten Welt große Kupfermengen ausführte, waren hohe Schachtöfen, die von oben durch eine Gicht beschickt wurden. In diese Gicht gab man abwechslungsweise Schichten von Kupfererz und Holzkohle. Dann schmolz man das Ganze wieder, wobei man von unten her mit Hilfe von Blasebälgen Luft hindurchblies. Es handelt sich hier also um eine Ofenkonstruktion, die in ihren Grundzügen jener unserer Hochöfen glich. Im übrigen aber kamen auch Tiegelöfen zur Verwendung, wie man sich überhaupt bei der Kupfergewinnung in den verschiedenen Ländern sehr verschiedenartiger Ofenkonstruktionen bedient zu haben scheint.

Bei der hüttenmännischen Kupfergewinnung erhielt man reines Kupfer, Schlacke, Gichtschwamm und eine Art von Kupferstein. Das Kupfer mußte, da es noch unrein war, umgeschmolzen werden. Man nahm, wie Plinius mitteilt, das Umschmelzen um so häufiger vor, je reineres Kupfer man gewinnen wollte. Das Umschmelzen geschah in verschiedenartig gestalteten Öfen, aus denen man Kupfer wahrscheinlich abstach und es dann durch Aufgießen von Wasser zum Erstarren brachte. So erhielt man Kupferplatten. Außer in Platten kam das Kupfer jedoch auch noch in Blöcken

Digitized by Google

in den Handel. Im übrigen aber war der Kupfergewinnungsprozeß des Altertums ebenso wie viele andere hüttenmännische Verfahren ein in bezug auf die Ausbeute ziemlich unbefriedigender. Während man aus den Erzen oft nur 15—25 Prozent des darin enthaltenen Kupfers gewann, enthielt die Schlacke manchmal nicht weniger als 50 Prozent davon.

Zinn.

Ebenso wie das Kupfer spielte auch das Zinn im Altertum eine große Rolle. Sicherlich gehört es zu den ältesten der damals bekannten Metalle. Die Zeit seiner Entdeckung steht noch nicht fest. Wahrscheinlich hat man aus der Schwere der Zinnerze geschlossen, daß darin ein Metall enthalten sein müsse, das dann — vielleicht durch Zufall — beim Schmelzen mit Holz oder Holzkohlen bekannt wurde. Schon im Alten Testament ist das Zinn erwähnt. Alle Völker des Orients kannten es, auch dann, wenn in ihren Reichen überhaupt keine Zinnerze vorkommen. Dies läßt den Schluß zu, daß damals eine große Einfuhr derartiger Erze stattgehabt hat. Hierauf läßt auch der Umstand schließen, daß Herodot die Zinninseln oder Kassiteriden besonders erwähnt. Ihre Lage hat sich nicht feststellen lassen, wie überhaupt nicht feststeht, ob die Bezeichnung κασσίτερος zu Homers Zeiten wirklich Zinn bedeutet. Mit Sicherheit wird dieser Ausdruck erst im 1. Jahrhundert n. Chr. für dieses Metall gebraucht. Im übrigen werden außer κασσίτερος auch andere Bezeichnungen, insbesondere μόλυβδος für Zinn gebraucht. Die Römer nannten es „plumbum candidum" oder „album". Das Wort „stannum", das vorher „stagnum" geschrieben wurde, war die Bezeichnung für Werkblei. Überhaupt werden Zinn und Blei im Altertum oft verwechselt, ein Umstand, der ja leicht erklärlich ist, da damals Analysen in unserem heutigen Sinne unbekannt waren, und man die Metalle vielfach lediglich nach ihrem äußeren Aussehen beurteilte. Später wußte man jedoch Blei und Zinn wohl zu unterscheiden, und Plinius gibt ausdrücklich an, daß die von den Römern zu Wasserleitungsröhren verwendeten Bleiplatten mit einer Legierung von zwei Teilen Blei und einem Teile Zinn verlötet wurden. Ebenso berichtet er von einer Verzinnung kupferner Gefäße, über die er mitteilt, daß sich dabei das Gewicht des Kupfers nicht vermehrt, so daß jedenfalls nur eine sehr dünne Zinnschicht aufgebracht wurde.

Die Gewinnung des Zinns geschah im Altertume durchweg aus Zinnerzen, die wohl zum größten Teil aus Britannien bezogen wurden, in dem man die alten „Zinninseln" erkennen will. Nach anderer Ansicht soll Indien das Land der Zinninseln gewesen sein, eine Ansicht, die sich auf die Bezeichnung des Sanskrits für Zinn, „kastira", stützt. Jedenfalls scheinen die Phönizier ihr Zinn bestimmt aus Indien erhalten zu haben. Später wurden dann auch die spanischen Zinngruben ausgebeutet sowie vor allem — nach der Eroberung Britanniens durch die Römer — die des heutigen Cornwall. Über die Art und Weise der Zinngewinnung im Altertum sind uns unmittelbare Überlieferungen nicht erhalten. Aus den Resten von Öfen erkennt man jedoch deutlich, daß diese Gewinnung ein einfacher Reduktions- und Schmelzprozeß war. Er wurde in der Weise ausgeübt, daß man die Erze über einem Holzfeuer erhitzte, wobei das darin vorkommende Zinnoxyd reduziert und das so gewonnene metallische Zinn ausgeschmolzen wurde.

Ob später auch Gebläse Verwendung fanden, mag zweifelhaft erscheinen. Öffnungen, die sich am Boden mancher Öfen finden, können vielleicht als Winddüsen angesehen werden, durch die man Luft zublies, um die Glut des Feuers

Digitized by Google

anzufachen. Sie können aber auch zur bequemeren Entnahme des Metalls gedient haben. Ihr Zweck erſcheint noch nicht vollkommen geklärt.

Bronze.

Noch weit wichtiger als Kupfer und Zinn für ſich war im Altertume die Kupfer-Zinnlegierung, die Bronze. Man kann wohl behaupten, daß das ganze Altertum unter dem Zeichen der Bronze geſtanden hat. Die Bronze, damals „Erz" genannt und in den älteſten Zeiten in bezug auf die Bezeichnung von der des Kupfers nicht zu unterſcheiden, ſcheint zunächſt hauptſächlich dem Zwecke gedient zu haben, dem Kupfer eine größere Härte oder Feſtigkeit zu verleihen. Allerdings ſcheint dies nicht immer gelungen zu ſein. So hat ſich z. B. im alten Theben ein Meißel gefunden, der einen der älteſten ägyptiſchen Bronzefunde darſtellt, und der ſo weich war, daß er ſich, wenn man damit auf Stein drückte, ſofort umbog. Er beſtand aus 94 Teilen Kupfer, 5,9 Teilen Zinn und 0,1 Teil Eiſen. Später ſtellte man härtere Bronzen dar, die in Ägypten „chomt" genannt wurden, und die im allgemeinen eine ziemlich gleichartige Zuſammenſetzung zeigen. Sie beſtehen durchſchnittlich aus 80—85 Teilen Kupfer und 20—15 Teilen Zinn. Wer die Bronze erfand, iſt unbeſtimmt. Gewiſſe Anzeichen deuten darauf hin, daß ſie vielleicht zuerſt im Tale des Euphrat hergeſtellt wurde, wo ſie um das Jahr 2000 v. Chr. bereits bekannt war. Vielleicht hatten ſie die Juden noch früher gekannt, denn die Bibel ſpricht von Thubalkain „Meiſter in allerlei Erz- und Eiſenwerk", wobei allerdings zweifelhaft erſcheinen mag, ob die Bezeichnung „Erz" an dieſer Stelle (1. Buch Moſes 4. 22) wirklich Bronze bedeutet. Auch die Griechen und die Römer bedienten ſich im umfangreichſten Maßſtabe der Bronze, die im Altertume geradezu einen Kulturfaktor darſtellte. Wegen ihres niedrigen Schmelzpunktes, der zwiſchen 786 und 900 Grad Celſius liegt, und ihrer ſchönen Farbe ſowie der Möglichkeit, die Eigenſchaften der Legierung durch Verwendung verſchiedener Zinnmengen zu verändern, erfreute ſie ſich allgemeiner Beliebtheit. Über die techniſchen Eigenſchaften der alten Bronzen iſt zu bemerken, daß ſie mit weniger als 5 Teilen Zinn kalt bearbeitet werden konnten. Bronze mit 10 Teilen Zinn diente hauptſächlich zur Anfertigung von Werkzeugen, die mit einem Zinngehalt von über 15 Teilen waren wegen ihrer Härte und Sprödigkeit nur für Gußzwecke brauchbar.

Die Schmelzpunkte verſchiedener alter Bronzen ſind die folgenden:

8 Teile Zinn	900 Grad
13 Teile Zinn	835 Grad
25 Teile Zinn	786 Grad

Ausführliche Analyſen alter Bronzen rühren von Berthelot, Andrée, Rhouſopoulos uſw. her. Es zeigt ſich daraus, daß die alten Bronzen durchaus nicht nur Kupfer und Zinn, ſondern auch noch die verſchiedenartigſten anderen Metalle, meiſt allerdings nur in geringen Mengen enthalten. Dieſe Beimengungen rühren daher, daß damals die hüttenmänniſchen Reinigungsprozeſſe für Metalle noch ſehr wenig ausgebildet waren. Nachſtehend ſeien einige Analyſen antiker Bronzen wiedergegeben, aus denen ihre wechſelnde Zuſammenſetzung und ihr Gehalt an mannigfachen Begleitmetallen zu erſehen iſt.

Zunächst die Analysen einiger assyrischer Bronzen aus dem britischen Museum zu London (n. Fellenberg):

Bezeichnung	Kupfer	Zinn	Blei	Eisen	Antimon	Arsen	Nickel
1. Graues, dickes Stäbchen . . .	88,03	0,11	3,28	4,06	3,92	0,60	—
2. Gekrümmtes Stäbchen . . .	88,84	12,70	0,28	Spur	—	—	0,18
3. Verzierung eines Hausgerätes	86,99	12,33	0,38	„	—	—	0,30
4. Rundstücke einer Schale . . .	80,84	18,37	0,43	0,16	—	—	0,20

Diese Analysen sind deshalb besonders bedeutsam, weil sich neben den zufälligen aus den Erzen stammenden und als Verunreinigungen aufzufassenden Metallen Arsen, Antimon, Eisen und Nickel in einer der Bronzen (Nr. 1) ein so hoher Bleigehalt findet, daß auf einen mit Absicht erfolgten Zusatz dieses Metalles geschlossen werden muß. Nach v. Bibra kommt in den Bronzen der eigentlichen Bronzezeit kein Blei vor. Ein derartiger größerer Bleigehalt läßt seiner Ansicht nach immer auf eine nach der eigentlichen Bronzezeit stattgehabte Herstellung und damit auf eine bereits erreichte höhere Kulturstufe schließen. Spätere assyrische Bronzen zeigen einen Bleigehalt, der zwischen 7 und 9 v. H. schwankt.

Nachstehend noch einige weitere Analysen verschiedener antiker Bronzen (n. Ledebur):

	Kupfer	Zinn	Zink	Blei	Eisen	Nickel	Silber	Phosphor
Dolch, altägyptisch	85,0	14,0	—	—	1,10	—	—	—[1])
Pfeilspitze, altägyptisch	76,6	22,2	—	—	—	—	—	—
Bronzeschale aus Ninive	80,8	18,4	—	0,4	0,2	0,4	—	—
Henkel eines Gefäßes aus Mykenae	89,7	10,1	—	—	—	—	—	—
Altattische Münze	88,46	10,04	—	1,50	—	—	—	—
Athenienſische Münze	76,41	7,05	—	16,54	—	—	—	—
Viktoriastatue aus Brescia	80,8	19,4	1,9	7,7	—	—	—	—
Münze d. Titus Claudius	81,4	8,6	—	—	—	—	—	—
Münze des Nero	81,1	1,1	17,8	—	—	—	—	—
Münze d. Diocletian	95,8	2,2	—	1,9	—	—	—	—

Silber kommt in den Bronzen im allgemeinen nicht vor. In spätrömischer Zeit gibt es jedoch auch silberhaltige Bronzen, die als Münzmetalle verwendet werden und aus denen man „Silber"-Münzen prägt, die so wenig Silber enthalten, daß sie richtiger als Bronze bezeichnet werden müssen. Überhaupt geben die Analysen der römischen Silbermünzen, die durch Klaproth, Thomson usw. usw. ausgeführt wurden, ein treffliches Bild von dem Verfalle des römischen Kaiserreiches. In dem Maße seines Niederganges steigt der Kupfergehalt der Münzen. Diese werden zuletzt aus einer silberhaltigen Bronze, und ganz zuletzt werden sie (unter Kaiser Gallienus) überhaupt nur noch aus Kupfer hergestellt und dann verzinnt. Es wurde ja oben bereits darauf hingewiesen, daß auch Plinius die in Rom ausgeübte Technik des Verzinnens von Kupfer erwähnt.

[1]) Eine ganz merkwürdige Übereinstimmung mit der dieses altägyptischen Dolches zeigt die chemische Zusammensetzung der Bronze einer bei Daberkow, Kr. Demmin in Vorpommern gefundenen vorgeschichtlichen Lure (Schallrohr, Blasinstrument), die von Rathgen analysiert wurde. [Kupfer 85,03 v. H., Zinn 13,76 v. H., sonstige Metalle (Blei, Eisen, Kobalt) 1,1 v. H.]

Wie man aus den weiteren, in der obigen Tabelle (Seite 19) zusammengestellten Analysen ersieht, enthielten die alten Bronzen durchweg kein Zink. Nur ganz vereinzelt, wie z. B. an einer im Germanischen Museum zu Nürnberg befindlichen altägyptischen Figur, hat sich ein Zinkgehalt feststellen lassen. Größere und ständige Mengen von Zink finden sich in antiken Bronzen erst zur Römerzeit. Daraus läßt sich schließen, daß man erst damals begann, das Zink absichtlich in die Legierung einzuführen. Diese Legierungen sind dadurch gewonnen worden, daß man dem zur Bereitung der Bronze dienenden Rohmaterial den aus spanischen Gruben stammenden Galmei zusetzte. Hierdurch wollte man andere Färbungen der Bronze erzielen.

Zink.

Das reine Zink selbst war im Altertum überhaupt nicht bekannt. Die Römer verwendeten zwar das natürlich vorkommende kohlensaure Zinkerz in Gestalt des Minerals Galmei zu den mannigfachsten Zwecken, sie verstanden es jedoch nicht, daraus das Metall selbst zu gewinnen. Außer zur Herstellung zinkhaltiger Bronzen benutzten sie ihn zur Gewinnung von Zinkweiß (Zinkoxyd, „Cadmia") sowie vor allem auch zur Herstellung des Messings. Unter „Cadmia" wird jedoch außer dem Zinkweiß auch noch ein Erz von bis jetzt nicht genau erforschter Natur verstanden. Es ist wahrscheinlich, daß das Messing einem Zufalle seine Entdeckung verdankt, daß man Kupfererze mit Galmei zusammenschmolz, wodurch man die schöne gelbe Legierung erhielt. Nach Pseudo-Aristoteles sollen die am Schwarzen Meer ansässigen Mossinöken die Erfinder des Messings sein. Manchmal wird auch die Ansicht ausgesprochen, daß die Bezeichnung „Messing" von diesen Mossinöken herrührt, doch erscheint die Herkunft des Wortes aus dem lateinischen „massa", d. i. Masse, richtiger. Bestimmt wissen wir nur, daß das Messing zur römischen Kaiserzeit bekannt war. Es wird von Plinius, Virgil, Strabo, Horaz, Cicero und Plautus erwähnt. Ob die Legierungen, die Homer, Plato usw. anführen, wirklich Messing gewesen sind, ist unsicher.

Auch das Aurichalcum (ὀρείχαλκος) der Alten dürfte weiter nichts als Messing gewesen sein. Die Frage, was hierunter zu verstehen ist, bildet seit langem den Gegenstand vielfacher und eingehender Erörterungen. Daß es sich hier aber um Messing handelt, dafür sprechen nach Ansicht des Verfassers vor allem zwei Tatsachen: zunächst einmal beschreibt der Grammatiker Sextus Pomponius Festus (wahrscheinlich 2. Jahrh. n. Chr.) die Darstellung des „aurichalcum". Er teilt hierzu mit, daß Cadmia auf Kupfer geworfen werde, um Aurichalcum zu erzeugen. Zu Cadmia wird noch bemerkt, daß es sich hier um eine „Erde" handelt. Diese Bemerkung ist deshalb wichtig, weil sie die Auffassung von Cadmia als eines Erzes im Sinne des Altertums ausschließt. Es handelt sich also hier um Zinkweiß (siehe oben), das in Zusammenschmelzen mit Kupfer natürlich Messing ergibt. Einen anderen Beweis, daß es sich bei Aurichalcum um Messing handelt, bringt Blümner, der auf eine zu Basel-Augst gefundene Metallplatte hinweist, deren Inschrift sie eigens als „aurichalcum" bezeichnet und deren Analyse durch Fellenberg einen hohen Zinkgehalt ergab. Daß Aurichalcum manchmal auch für andere Legierungen gebraucht wird, erklärt Percy sehr gut mit dem Hinweis, daß auch heutzutage „der Sprachgebrauch sowohl der Techniker als auch des täglichen Lebens die Ausdrücke Messing und Bronze fortwährend verwechselt". Es ist dies insbesondere bei Metallornamenten der Fall.

Gewisse Umstände sprechen dafür, daß die Römer auch eine Zink-Eisenlegierung, ein „Hartzink", gekannt haben (Diergart).

Digitized by Google

Ehe.

Der Bräutigam war 1908 mit der Arbeit an seinem Bronzerelief beschäftigt, das 1909 in Dresden ausgestellt wurde. Es ist ein Hochzeitsbild, das Brautpaar, Eltern, Geschwister und Freunde vereinigt. Die Braut, ein schlankes, blondes Mädchen, steht in der Mitte, ihr Gesicht ist dem Bräutigam zugewandt, der ihr den Ring an den Finger steckt. Ihre Hände, deren Adern sich blau durch die Haut abzeichnen, sind ineinander gelegt. Ihre Augen sehen den Bräutigam an, der ihr Gesicht nicht sehen kann, weil er sich über ihre Hände beugt. Sie sind ganz allein, sie sehen nur einander, sie sind ganz Liebe. Um sie herum stehen die Verwandten und Freunde, die Mutter, die Schwestern, die Brüder, die Freundinnen, die Kameraden, die Bekannten, die Fremden, die Gleichgültigen, die Neugierigen, die Feinde, die Neider, die Spötter, die Gaffer, die Lauscher, die Lästerer, die Verleumder, die Heuchler, die Lügner, die Betrüger, die Diebe, die Mörder, die Selbstmörder, die Ehebrecher, die Ehebrecherinnen, die Ehebrecherinnen, die Ehebrecherinnen

der Bleigewinnung einigermaßen vertraut ist, ohne weiteres, daß die Verfahren ungefähr dieselben gewesen sein mußten, wie sie oben für die Gewinnung des Silbers aus silberhaltigem Bleiglanz beschrieben wurden. Der Bleiglanz wurde abgeröstet, dann in Öfen einer reduzierten Schmelzung unterworfen, die mit Hilfe von grünem Holz und Holzkohlen oder beiden vorgenommen wurde. Grünes Holz verwendete man deshalb, weil es besonders viel Rauch und Gase entwickelte, von denen man sich eine günstige Wirkung versprach. Wahrscheinlich wurden zur Hervorbringung eines stärkeren Luftzuges Blasebälge verwendet. Die Schlacken und das Blei werden abgelassen und mechanisch getrennt. Das erhaltene Werkblei wird nochmals umgeschmolzen. Die Schlacken sind stark bleihaltig, ein Umstand, auf den man später aufmerksam wurde, und der dazu führte, daß man sie, wie Strabo berichtet, in Laurion dann von den Halden wegführte, um sie einem nochmaligen Ausschmelzen zu unterwerfen. Es ist wahrscheinlich, daß auch Bleierze, die kein Silber enthielten, zur Bleigewinnung dienten. Nicht immer war der Röstprozeß nötig, insbesondere erübrigte er sich da, wo der Bleiglanz oxydische Bleierze enthielt. Ob man das richtig erkannte, oder ob man stets abröstete, ist unbekannt. Ein aufgefundener altrömischer Bleiofen war ganz in die Erde eingelassen. Er hatte bei einer Tiefe von 3,2 Meter eine obere Weite von 2,5 Meter. Die aus einem feuerfesten Gemisch von Ziegelmehl und Ton hergestellten Wandungen hatten eine Dicke von 14 Zentimeter. Das Werkblei floß aus einer am Boden befindlichen Rinne in eine große schüsselförmige Vorlage. Hier wurde die Schlacke abgeschöpft, während das Blei in kleinere Tiegel gefüllt wurde, um dann umgeschmolzen bzw. vom Silber getrennt zu werden.

Eisen.

Gegenüber der Wichtigkeit anderer Metalle, insbesondere der des Kupfers und des Bleis, tritt im Altertum die des Eisens bei manchen Völkern etwas zurück. Obschon sich das Eisen, sobald man nur die verhältnismäßig niedere Temperatur von 700 Grad zu erzeugen vermag, ziemlich leicht darstellen läßt, dürften die ältesten Eisengerätschaften doch wohl die Meteoriten gewesen sein. Man hat zwar daran gezweifelt, daß man das harte Meteoreisen im Altertum überhaupt zu bearbeiten vermochte; es ist jedoch durchaus nicht nötig, gleich an eine Verarbeitung zu Meißeln oder ähnlichen Werkzeugen zu denken. Ein mit der Faust geschwungener Meteorstein ist ein guter Hammer. Außerdem läßt er sich auf hartem Stein abschleifen usw. Jedenfalls sprechen verschiedene Bezeichnungen wie z. B. der altägyptische Name „baaenepe", „Geschenk des Himmels", sowie die griechische Bezeichnung σίδηρος dafür, daß das Meteoreisen einstmals eine gewisse Rolle gespielt haben dürfte. Jedenfalls steht fest, daß es ebenso wie die Meteorfälle im Altertum bekannt war, ja sogar in vorgeschichtlichen Gräbern hat man Meteoreisen gefunden. Gewisse Möglichkeiten sprechen sogar dafür, daß die alten Ägypter das Meteoreisen verwendeten. J. R. Hill fand im Mai 1837 in einer Steinfuge der großen Pyramide von Gizeh ein Stück Eisen, das während der vierten Dynastie, also etwa nach dem Jahr 2700 v. Chr. dort hineingebracht worden sein muß. Dieses Eisenstück ist nickelhaltig, ein Umstand, der dafür sprechen würde, daß es sich hier um Meteoreisen handelt, wenn dieser Annahme nicht ein Gehalt an gebundenem Kohlenstoff entgegenstünde. Jedenfalls beweist dieser Fund, daß die Ägypter damals bereits das Eisen kannten, eine Ansicht, die durch einen weiteren später von Flinders Petrie gemachten Fund zu Abydos bestätigt wird.

Digitized by Google

Sichere Kunde haben wir über das Alter der Kenntnis vom Eisen bei den alten Indern. Hier bestand wahrscheinlich schon 2500, sicher aber 1500 Jahre v. Chr. eine Eisenindustrie. Schon der Umstand, daß das Sanskritwort „Ajas" unzweifelhaft mit dem altgotischen Worte „ais", woraus später „Eisen" wurde, zusammenhängt, bestätigt die Annahme, daß die indogermanischen Stämme vor ihrer Trennung (1500 v. Chr.) das Eisen gekannt haben mußten. v. Schwarz fand nun im Rewahstaate (Zentralindien) große, viele Quadratmeilen bedeckende Schlackenhalden, welche davon Zeugnis geben, in welch hoher Blüte die Eisenindustrie einst in Indien gestanden haben muß. Zugleich finden sich Schmiedestücke von ungeheuren, staunenerregenden Dimensionen, deren Anfertigung heutzutage, im Zeitalter der Dampfhämmer, nur in ganz großen Werkstätten möglich sein dürfte.

Mit den kleinen heutzutage in Indien gebräuchlichen Öfen ließen sich derartige Eisenkolosse niemals bearbeiten. Der größte uns erhaltene Überrest altindischer Schmiedekunst ist die Kutubsäule in der Nähe von Delhi. Sie wiegt mehr als 17 000 kg und besteht, wie die Analyse ergab, aus fast chemisch reinem Eisen. Ihre Höhe beträgt über der Erde 7 Meter, und sie dürfte wohl aus sehr vielen Blöcken zusammengeschmiedet sein; trotzdem zeigt sich nirgends eine Schweißnaht. Aus einer eingehauenen Inschrift geht hervor, daß diese Säule im 9. Jahrhundert v. Chr. angefertigt wurde.

Äußerst merkwürdig ist der Umstand, daß sich an der Kutubsäule trotz ihres hohen Alters bis heute keine Spur von Rost gezeigt hat. Man hat dies früher dem Umstande zugeschrieben, daß die Säule, deren Gesamthöhe, da sie tief in den Erdboden eingegraben ist, auf über 16 Meter geschätzt wird, mit einer Fettschicht bedeckt sei, eine merkwürdige Ansicht, da sich diese Fettschicht ja im Laufe der Jahrhunderte hätte verwischen müssen. Andere schreiben das Nichtrosten der Trockenheit der Luft zu. Viel wahrscheinlicher ist es, daß die Eigenschaft des Nichtrostens auf der außerordentlichen Reinheit des Eisens beruht. Diese Reinheit ist durch Analysen (wie z. B. die von Percy usw.) bewiesen. Der Verfasser hat im Jahre 1891 zusammen mit v. Klobukow im elektrochemischen Laboratorium der Technischen Hochschule zu München auf elektrolytischem Wege chemisch reines Eisen dargestellt, das trotz aller Versuche, es zum Rosten zu bringen, nicht rostete. Chemisch reines Eisen zeigt demnach, wie inzwischen auch von anderer Seite bestätigt worden ist, die Eigenschaft, zu rosten, überhaupt nicht. Einen weiteren wichtigen Beitrag zu der Tatsache, daß man im Altertum Eisen darzustellen verstand, das bis auf den heutigen Tag nicht rostete, brachten Funde aus einer ganz anderen Gegend. Zu Oseberg wurde ein altes Wikingerschiff gefunden, dessen Holzteile mit eisernen Nägeln zusammengehalten waren, die sich vollkommen blank und schön erhalten haben. Dieses jetzt im Nationalmuseum in Christiania befindliche Schiff wurde von Gustafson untersucht, ohne daß jedoch der Grund des Nichtrostens festgestellt werden konnte, den eine später eingesetzte besondere Kommission in der Reinheit des Eisens fand. Im übrigen waren, wie noch erwähnt sei, auch im Altertum Rostschutzmittel bereits bekannt. So haben die auf dem Römerkastell Saalburg bei Homburg vor der Höhe gemachten Funde bewiesen, daß man zur Römerzeit Vivianit (ein Eisenphosphatmineral) als Rostschutz benutzte, und Plinius erwähnt eine ganze Anzahl von Rostschutzmitteln, wie Mennige, Bleiweiß, Gips, Bitumen und flüssigen Teer.

Neben dem Schmiedeeisen war schon vor 3000 Jahren auch der Gußstahl in Indien bekannt. Gräber aus der Zeit um 1400 v. Chr. enthalten Gegenstände (Werkzeuge usw.) aus Gußstahl.

Digitized by Google

Hand, die Ulnar- und Radialarterie, Arcus und die Äste über die Hand und die Finger, Anastomosen, Varietäten, Verletzungen und Unterbindungen.

Fig. 1. Die Arteria brachialis, ihre Äste und ihre Verbindungen mit den Arterien des Vorderarmes.

Fig. 2. Die Arteria brachialis, ihre Äste und ihre Verbindungen mit den Arterien des Vorderarmes.

Fig. 3. Die Arteria brachialis, ihre Äste und ihre Verbindungen mit den Arterien des Vorderarmes.

Fig. 4. Die Arteria brachialis, ihre Äste und ihre Verbindungen mit den Arterien des Vorderarmes.

Fig. 5. Die Arteria brachialis, ihre Äste und ihre Verbindungen mit den Arterien des Vorderarmes.

Fig. 6. Die Arteria brachialis, ihre Äste und ihre Verbindungen mit den Arterien des Vorderarmes.

Fig. 7. Die Arteria brachialis, ihre Äste und ihre Verbindungen mit den Arterien des Vorderarmes.

Digitized by Google

Abb. 1 Ansicht der Stadt Bern von Osten. Kolorierte Radierung von Robert Hamilton, 1798. Bern, Kunstmuseum, Graphische Sammlung.

Abb. 2 Ansicht der Stadt Bern von Osten. Kolorierte Radierung von Robert Hamilton, 1798. Ausschnitt.

Fig. 1.

Ohr eines Kindes mit Ohrfistel und Ohrknorpelgeschwulst. (Nach einer Photographie von Dr. Rothmann.)

Fig. 2.

Ohr eines Kindes mit Ohrfistel und Ohrknorpelgeschwulst. (Nach einer Photographie von Dr. Rothmann.)

von Knoll beschrieb zuerst einen Fall, in welchem die Geschwulst, welche sich vor dem Tragus befand, mit einer Fistel in Verbindung stand, die in den äußeren Gehörgang mündete. Er nahm an, daß es sich um eine Kiemenspaltenfistel handle. Diese Ansicht wurde von Bernhard Fischer, Hermann Schmidt, Hermann Steinbrügge und Wilhelm Meyer geteilt. Wir selbst haben in unserer Arbeit über die Entwicklung der Ohrmuschel (Archiv für Ohrenheilkunde, Bd. 39) die Ansicht ausgesprochen, daß es sich bei diesen Fällen um Bildungsanomalien handle, die durch Störungen in der Entwicklung der Ohrmuschel entstanden sind. Wir haben diese Ansicht auf Grund unserer Untersuchungen über die Entwicklung der Ohrmuschel ausgesprochen, die wir an Embryonen verschiedener Tiere angestellt haben.

Fig. 3. Ohr eines Kindes mit Ohrfistel und Ohrknorpelgeschwulst. (Nach einer Photographie von Dr. Rothmann.)

Fig. 4.

Ohr eines Kindes mit Ohrfistel und Ohrknorpelgeschwulst. (Nach einer Photographie von Dr. Rothmann.)

Relief (Reliefkarte). Es ist eine andere Methode, Landschaft anschaulich darzustellen, als die Panorama-Malerei. Während diese die Natur in der Fläche wiedergibt, ist das Relief eine körperliche Darstellung.

Die Herstellung des Reliefs ist eine sehr mühsame und zeitraubende Arbeit. Zuerst wird eine Karte der Gegend gezeichnet, die dargestellt werden soll. Dann wird eine Platte aus Pappe oder Holz ausgeschnitten, die die Umrisse der Karte hat. Auf diese Platte werden die Höhenlinien der Karte übertragen, und zwar so, daß jede Höhenlinie eine Platte für sich bildet. Diese Platten werden dann übereinander geklebt, und zwar so, daß die Höhenlinien genau aufeinander passen. Nun wird das Ganze mit Gips überzogen und geglättet. Dann wird es bemalt, und zwar so, daß die Farben der Natur möglichst nachgeahmt werden. Wälder werden grün, Felder gelb, Wasser blau, Straßen und Wege weiß, Städte rot gemalt. Zuletzt werden noch Häuser, Bäume, Brücken, Eisenbahnen und Telegraphenstangen aufgesetzt.

Fig. 1. Reliefkarte.

Fig. 2. Reliefkarte.

Fig. 3. Reliefkarte.

Fig. 4. Reliefkarte.

Mal (Bergmal, Grenzmal, Steinmal, Steinhaufen, Steinpyramide, Steinsäule, Steinsetzung, Steinwall, Wegmal). Ein Mal ist ein Denkmal, das zur Erinnerung an eine Person oder an ein Ereignis errichtet wird. Es kann aus Stein, Holz, Erde oder Metall bestehen. Die Form ist sehr verschieden. Es kann ein Stein, ein Steinhaufen, eine Steinsäule, eine Steinpyramide, ein Steinwall, ein Steinsetzung, ein Grenzmal, ein Bergmal, ein Wegmal, ein Steinmal, ein Steinhaufen, eine Steinpyramide, eine Steinsäule, eine Steinsetzung, ein Steinwall

vorſtellen, daß über der Grube noch Erz und Kohle aufgeſchichtet wurden, die in dem Maße, wie das Metall (in dieſem Falle Gold) ausſchmolz, nachſanken. Die Bälge ſind Lederſchläuche, die, damit ſie ſich nicht verrücken, durch ein Geſtell feſtgehalten werden. Man tritt ſie mit dem Fuß und zieht ſie dann an Schnüren wieder empor. Zur Einführung des Windes in den Ofen dienten tönerne Pfeifen. Das Bild zeigt im Hintergrunde noch einen mit Holzkohle gefüllten Korb (Abb. 24).

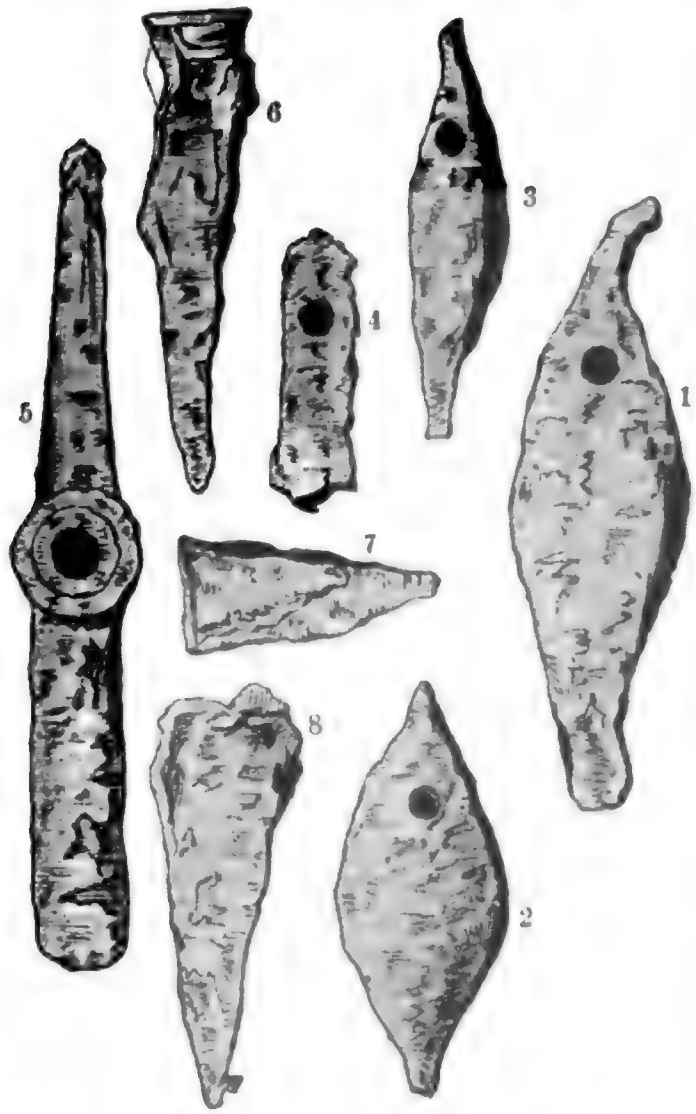


Abb. 25. Rohluppen (1, 2, 3) und bearbeitete Luppen aus den Ausgrabungen aus Khorſabad.
Das Loch in den Rohluppen diente dazu, um ſie für die Beförderung durch Menſchen oder Tiere an Stricken aufreihen zu können.

Das Eiſen fließt, wie ſchon erwähnt, in der Regel aus der Rinne aus und ſammelt ſich in Form einer „Luppe" am Boden der davor befindlichen Grube an. Die Luppen, deren man jetzt noch zahlreiche in alten verlaſſenen Hüttenwerken findet, haben ein Gewicht von 7—25 kg. (Abb. 25 u. 26.) Sie waren von der gleichzeitig ausfließenden Schlacke bedeckt, die entweder abgeſchöpft oder nach dem Erkalten abgeſchlagen wurde. Der Prozeß der Gewinnung von Eiſen und Stahl vollzog ſich ſtets in einem einzigen Gange. Nur in Indien ſcheint man nach den Angaben des Ariſtoteles zunächſt Flußeiſen gewonnen zu haben, das man ſpäter noch einem Friſchprozeß unterwarf.

Im allgemeinen dürfte auch die Eiſengewinnung im Laufe der Zeiten keinerlei Vervollkommnung erfahren haben, ſoweit man nicht die Vergrößerung und Erhöhung der Öfen als ſolche bezeichnen will, die allmählich immer größere Abmeſſungen annahmen, ſo daß aus den urſprünglichen einfachen Herden allmählich richtige Schachtöfen entſtanden, eine Entwicklung, aus der ja auch ſpäter unſer heutiger Hochofen hervorgegangen iſt. (Abb. 27.) Vereinzelt wurde anſtatt mit Holzkohle auch mit Steinkohle oder Braunkohle gearbeitet, wie z. B. bei den Chineſen. Auch Theophraſt berichtet aus dem 4. Jahrhundert v. Chr., daß die Hüttenleute in Elis und Ligurien von einer dort vorkommenden natürlichen Kohle den ausgiebigſten Gebrauch machten. Die gewonnenen Rohluppen gingen von den Eiſenwerken aus in den Handel und wurden erſt am zweiten Orte durch nochmaliges Einſchmelzen, Schmieden uſw. uſw. zu Waffen, Werkzeugen u. dgl. verarbeitet. Einzelne Eiſenſorten erfreuten

Digitized by Google

Abb. 34. Aus dem Museum Arbeiten Architektonisches. Es ist schon oft,

von der Königin Shaperapit, der Tochter Psammetichs I., im 7. Jahrhundert vor unserer Zeitrechnung herrührt, und fand, daß die hieroglyphischen Zeichen aus iridiumreichem Platin bestehen. Da man Platinvorkommnisse in Afrika nicht kennt, so ist das Metall wahrscheinlich von auswärts eingeführt worden. Berthelot nimmt an, daß es mit dem Golde gemeinsam aus dem Nilsande ausgewaschen worden sei.

Literatur zum Abschnitt: „Die Metalle und ihre Gewinnung".

Bauer und Vogel, Metallographische Untersuchung vorgeschichtlicher Bronzefundstücke. Mitteilungen aus dem Kgl. Materialprüfungsamt. Berlin 1916, S. 291.

Beck, Die Geschichte des Eisens. Braunschweig 1891.

Belck, Die Erfinder des Eisens im Altertum. Vortrag, geh. in d. Berliner Ges. f. Anthropologie. Januar 1907.

Bell, Ein Stück bei Chorstopitum gefundenes römisches Eisen. Chemiker-Zeitung 1912. S. 594.

Berthelot, Die Chemie im Altertum und Mittelalter. Leipzig und Wien 1909.

— Quelques métaux trouvés dans les fouilles archéologiques en Égypte. Comptes rendus 1905, S. 183.

— Sur les métaux égyptiens: Présence du platine parmi les charactères d'une inscription hiéroglyphique. Comptes rendus 1901, S. 729.

v. Bibra, Die Bronze- und Kupferlegierungen. Erlangen 1869.

Binder, Laurion, Die attischen Bergwerke im Altertum. Jahresbericht der K. K. Staatsoberrealschule in Laibach für das Schuljahr 1894/95.

Beuther, Das Goldland des Plinius. Zeitschrift für Berg-, hütten- und Salinenwesen, 1891, Band XXXIX. Abhandlungen, S. 55.

Blümner, Technische Probleme aus Kunst und Handwerk der Alten. Berlin 1877.

— Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. 4. Band, Leipzig 1886.

Böckh, Die lauriſchen Bergwerke in Attika, Berlin 1815.

Breidenbach, Das Goldvorkommen im nördlichen Spanien. Zeitschrift für Geologie 1893, S. 16.

Bucher, Geschichte der technischen Künste. Stuttgart 1875—93.

Buchner, Geschichte der Metallfärbung. Bayer. Industrie- u. Gewerbeblatt 1910, S. 245.

Busch, Assyrische Bronze. Zeitschrift für angewandte Chemie 1914, S. 512.

Carthaus, Das eiserne Wunder zu Delphi. Für alle Welt 1912, 415.

Colin Roß, Etwas über Rennarbeiten. Bayr. Industrie- u. Gewerbebl. 1910, 361.

Diergart, Die *ψευδάργυρος*-Frage vom chemisch-metallurgischen Standpunkte. Beitrag zur Urgeschichte des Zinks. Journal f. praktische Chemie 1902, S. 339.

— Messing, eine urgeschichtlich-etymologische Studie. Zeitschr. f. angew. Chemie 1901, S. 1297.

— Messing und Bronze. Zeitschr. f. angew. Chemie 1903, S. 85.

— Messing, Zink und Bronze. Zeitschr. f. angew. Chemie 1903, S. 350.

— Ludwig Beck-Biebrich, Wedding u. Weeren. Erörterungen über die letzten Arbeiten zur ältesten Geschichte des Eisens anläßlich des Belckschen Vortrags. Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1907, S. 362.

— Über den gegenwärtigen Stand und die Bedeutung der Geschichte des Zinks für die moderne naturwissenschaftliche Forschung. Vortrag, geh. auf der Naturforscherversammlung zu Kassel 1903.

Falk, Das Rosten des Gußeisens. Chemiker-Zeitung 1912, S. 810 u. Zeitschrift f. angew. Chemie 1912, S. 2074.

Fellenberg, Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern 1860 u. 1861.

Ferreira da Silva, Analyse eines in einem sehr alten Grabe aufgefundenen Schwertes. Referat der Chemiker-Zeitung 1907 nach Revista de Chemica Pura e Applicata, 1907, S. 471.

Fiala, Beiträge zur römischen Archäologie der Herzegowina. Sonderabdruck aus Wissenschaftl. Mitt. aus Bosnien u. d. Herzegowina 1897, Wien 1897.

Freise, Das Eisenhüttenwesen im Altertum. Stahl u. Eisen 1907, S. 1615.

— Geographische Verbreitung und wirtschaftliche Entwicklung des süd- und mitteleuropäischen Bergbaus im Altertum. Zeitschr. für das Berg-, hütten- und Salinenwesen im Preußischen Staate 1907, S. 199.

Digitized by Google

Gustafson, Über die Konservierung der im Wikingerschiff zu Oseberg gefundenen Altertümer. Polyteknisk Forenings Kemikergruppe i Kristiania, Sitzung vom 4. November 1913.
Hafield, Singhalesisches Eisen und Stahl aus früherer Zeit. Chemiker-Zeitung 1912, S. 594.
Hansen, De metallis atticis. Hamburg 1885.
Helm, Das Antimon und seine Benutzung zur Herstellung von Bronzen bei den alten Völkern. Prometheus 1898, S. 41.
Herodot, Geschichten. 1. Buch 50 und 51, 3. Buch 95—107.
Hofmann, K. B., Das Blei bei den Völkern des Altertums. Berlin 1885.
— Die Entstehung des Wortes „Bronze". Berg- u. Hüttenmännische Zeitung 1890.
Hommel, Zur Geschichte des Zinks. Chemiker-Zeitung 1912, S. 95, 905.
— Über indisches und chinesisches Zink. Zeitschrift für angew. Chemie 1912, S. 96.
Jaeck, Industrie und Gewerbe im Altertum. Prometheus 1898, S. 434.
Jüptner von Jonstorff, Das Eisenhüttenwesen. Leipzig 1912.
— Prähistorische Eisenerzeugung bei den Naturvölkern. Das Wissen, 6. Jahrg., Nr. 9, S. 89.
Kellner, Römische Baureste in Ilidze bei Sarajevo. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1897. Wien 1897.
Kobert, Chronische Bleivergiftung im klassischen Altertume. Vortrag, geh. im Dozentenverein der Universität Rostock, Juni 1906. Veröffentlicht in Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.
Kopp, Geschichte der Chemie. Braunschweig 1843—1847, Bd. IV.
Kordellas, Le Laurium, Marseille 1871.
Krause, Kupfer. Elektrochemische Zeitschrift 18. Jahrg., S. 293.
Lang, Die altägyptischen Kupferwerke am Sinai. Nach Berthelot, Comptes rendus de l'Académie des Sciences 1896, S. 365. Prometheus 1897, S. 250.
Ledebur, Die Legierungen. Berlin 1913.
Lehmann-Haupt, Die historische Semiramis und ihre Zeit. Tübingen 1910.
v. Lippmann, Chemische Papyri des 3. Jahrhunderts. Chemiker-Zeitung 1913, S. 933.
— Platin in Spanien. Chemiker-Zeitung 1916. 545.
— Die Geschichte der Bronze und die Erklärung ihres Namens. Vortrag am 12. Dez. 1916 in der Naturforschenden Gesellschaft Halle a. S. Chemiker-Zeitung 1917, S. 44.
Lohse, Die Entwicklung der Gebläse bis zur Mitte des 19. Jahrh. Stahl und Eisen, Jahrg. 31, S. 173.
Ludwig, Κύπρος, cuprum. Zeitschrift für die Kunde des Morgenlandes, 1905, S. 239.
Luschan, Afrikanische Eisentechnik, Vortrag, gehalten in der Berliner Gesellschaft für Anthropologie, November 1908.
Mansch, Die Anfänge der Bleikultur. Welt der Technik 1909, S. 322.
Medicus, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.
— Platin in Spanien. Chemiker-Zeitung 1916.
Mehrtens, Das Eisen im Altertum. Stahl und Eisen 1887, S. 527.
Neuburger, Einige Bemerkungen zu dem Vortrag von Burgeß und Hambuechen über elektrolytisches Eisen (Rosten des Eisens). Elektrochemische Zeitschrift 1904, S. 77.
— Handbuch der praktischen Elektrometallurgie. München 1907.
Neumann, Die Metalle. Halle 1904.
— Messing. Zeitschr. f. angew. Chemie 1902, S. 411.
— Zur Geschichte des Messings. Zeitschr. f. angew. Chemie 1903, S. 253.
Oppert, Über die Metalle, besonders das Messing. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.
— Tharshish und Ophir. Berlin 1903.
Patsch, Archäologisch-epigraphische Untersuchungen zur Geschichte der römischen Provinz Dalmatien. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1901. Wien 1901.
Peters, Karl, Das goldene Ophir Salomos. Berlin 1895.
— Im Goldlande des Altertums. München 1902.
— Südafrikanisches Minenleben. Welt-Echo Berlin 1920. 3. 10.
Percy, Die Metallurgie. Bd. I. Braunschweig 1862.
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Chemnitz 1896.
Radimsky, Die Nekropole von Jezerine. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1895. Wien 1895.
— Die vorgeschichtlichen und römischen Altertümer des Bezirkes Zupanjac in Bosnien. Sonderabdruck aus Wissenschaft-

Digitized by Google

liche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1896. Wien 1896.

Rhouſopoulos, Beitrag über die chemiſchen Kenntniſſe der alten Griechen. In: Diergart, Beiträge aus der Geſchichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

— Noch ein kleiner Beitrag zum Thema über die chemiſchen Kenntniſſe der alten Griechen. Archiv f. Geſchichte der Naturwiſſenſchaften und Technik. 1909, S. 287.

Rohrer, Die alten Kupfergruben in Chalkis. Athen 1909.

Röſſing, Geſchichte der Metalle. Berlin 1901.

Schelenz, Zinn, Kassiteros. Mitteilungen zur Geſchichte der Medizin und der Naturwiſſenſchaften, Band VIII, S. 106.

Schmidt, H., Die Luren von Daberkow, Kreis Demmin. Ein Beitrag zur Geſchichte von Formen und Technik in der Bronzezeit. Prähiſtoriſche Zeitſchrift 1915. Heft 3/4, S. 85.

Schmidt, Handbuch der Galvanoplaſtik. Quedlinburg und Leipzig 1847.

Schrader, Griech.: *μέταλλον* in: Diergart, Beiträge aus der Geſchichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

Schulze, Ernſt, Die römiſchen Grenzanlagen in Deutſchland und das Limeskaſtell Saalburg. Gütersloh 1906.

E. Schultze-Großborſtel, Eiſen und Stahl in Indien. Archiv f. Geſchichte der Naturwiſſenſchaften u. d. Technik, Band II, S. 350.

C. R. v. Schwarz, Die Eiſeninduſtrie bei den alten Indern. Öſterreichiſche Monatsſchrift für den Orient 1893.

Schwenzner, Das geſchäftliche Leben im alten Babylonien nach den Verträgen und Briefen dargeſtellt. Der alte Orient 1916, 16. Jahrg. Heft 1.

Soiſſon, Eiſeninduſtrie in Luxemburg zur Zeit der Kelten und Römer. Zeitſchr. d. Vereins deutſch. Ingenieure 1907, S. 1395.

Steindorff, Die Blütezeit des Pharaonenreichs. Bielefeld 1900.

Stephanides, *Συμβολαὶ εἰς τὴν ἱστορίαν τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν καὶ ἰδίως τῆς λυμείας.* Abſchnitt 14. Athen 1914.

Strunz, Die Chemie im klaſſiſchen Altertum. Sonderausgabe aus der Zeitſchr. Die Kultur, 1905, S. 474.

— Über die Vorgeſchichte und die Anfänge der Chemie. Leipzig und Wien 1906.

Wichelhaus, Das goldene Vlies des Jaſon in naturwiſſenſchaftlicher Beleuchtung. Vortrag, geh. im Juni 1910 in der Berliner Geſellſchaft f. Geſchichte der Naturwiſſenſchaften und Medizin. Ref. Elektrochemiſche Zeitſchrift 1911. 12. 347.

Zenghelis, Das Metall der alten Prägeſtempel. Chemiker-Zeitung 1907, S. 1116.

Digitized by Google

Die Bearbeitung der Metalle.

In dem Zuſtande, wie man die Metalle in der Natur vorfand, oder wie man ſie durch hüttenmänniſche Verfahren aus ihren Erzen erhielt, konnten ſie keine Verwendung finden. Es mußten deshalb beſondere Arten der Bearbeitung mit ihnen vorgenommen werden, ehe man daraus Schmuckwaren, Handwerkszeug, häusliche Geräte und die verſchiedenartigſten Gegenſtände des techniſchen Gebrauchs anzufertigen vermochte. Dieſe Bearbeitung der Metalle war teils *mechaniſcher*, teils *chemiſcher* Art. Während die mechaniſche Metallbearbeitung den Zweck hatte, das Metall in eine geeignete Form zu bringen, diente die chemiſche dazu, ihm, insbeſondere aber ſeiner Oberfläche, ein anderes Ausſehen zu verleihen, oder aber dazu, getrennte Metallſtücke zu vereinigen, wie z. B. das auf der Bildung von Metallegierungen beruhende Löten.

Auf beiden Gebieten der Metallbearbeitung, auf dem der mechaniſchen ſowohl wie dem der chemiſchen, beſaß man bereits in den früheſten Zeiten des Altertums hervorragende Fertigkeiten. Schon ſehr frühe verſtand man die Dehnbarkeit der Metalle, insbeſondere der Edelmetalle, dadurch auszunützen, daß man ihnen durch Hämmern und Treiben nicht nur eine größere Oberfläche verlieh, ſondern ſie auch in beſtimmte Formen brachte. Das Formen durch Guß kam wahrſcheinlich erſt ſpäter auf. Die älteſten Bildwerke, wie Statuen von Göttern uſw. uſw., wurden aus Lehm geformt oder aus Holz geſchnitzt und dann mit Goldplatten belegt. Um dieſe Platten auf dem Kerne haften zu machen und ſie auch unter ſich zu verbinden, gebrauchte man das Verfahren des Nietens und wahrſcheinlich auch das des Verſchweißens. Außerdem hämmerte man die Goldplatten zuweilen mit Hilfe künſtlich hervorgebrachter Ecken und Kanten in die Unterlage ein — eine Methode, die ſich in früher Zeit bei faſt allen Völkern des Altertums vorfindet.

Blattmetalle und Treibarbeit.

Unter allen Metallen iſt es nun vor allem das *Gold*, das die Eigenſchaft der Dehnbarkeit in ganz beſonders hohem Maße beſitzt. So darf es uns nicht wundernehmen, daß man dieſe Eigenſchaft auch ſchon ſehr bald erkannte und ausnützte. Das durch fortgeſetztes Hämmern zu dünnen Blättern ausgeſchlagene Gold, das ſogenannte „*Blattgold*“, findet ſich faſt überall ſchon in vorgeſchichtlicher Zeit. Im Jahre 3500 v. Chr. wird, wie eine im Berliner Muſeum befindliche altägyptiſche Halskette beweiſt, derartiges Blattgold ſchon zu prachtvollen Goldſchmiedearbeiten benützt. Etwa um die gleiche Zeit belegt man in Ägypten die verſchiedenartigſten Gegenſtände mit Goldblech, und ſchon 2600 v. Chr. kommt im ägyptiſchen Reiche das eigentliche Vergolden mit Hilfe von Blattgold auf, d. h. man befeſtigt das Blattgold nicht mehr durch Aufnieten uſw., ſondern man macht von ſeiner Eigenſchaft

Das Schiffbauholz, besonders Eiche, ist heute im Preis sehr hoch, und man muß sich nach Ersatz umsehen. Eisen ist zu teuer, Beton zu schwer. Da kommt man auf den Gedanken, Schiffe aus Pappe zu bauen. Man hat sie auch schon gebaut, aber sie sind nicht sehr haltbar. Ein Pappschiff ist nach einer Reise unbrauchbar.

Fig. 17. Pappschiffe sind nicht haltbar.

Man kann auch Schiffe aus Papier bauen. Das ist verhältnismäßig leicht. Man braucht nur Papier, Leim und Farbe. Papier ist billig, Leim ist billig, Farbe ist billig. Also sind Papierschiffe billig.

Fig. 18. Papierschiffe sind billig.

Papierschiffe sind leichter als Pappschiffe. Sie sind auch haltbarer als Pappschiffe. Sie sind aber nicht haltbar. Ein Papierschiff ist nach einer Reise unbrauchbar.

Fig. 19. Papierschiffe sind nicht haltbar.

Man kann auch Schiffe aus Stoff bauen. Das ist verhältnismäßig leicht. Man braucht nur Stoff, Leim und Farbe. Stoff ist billig, Leim ist billig, Farbe ist billig. Also sind Stoffschiffe billig.

Fig. 20. Stoffschiffe sind billig.

Stoffschiffe sind leichter als Pappschiffe. Sie sind auch haltbarer als Pappschiffe. Sie sind aber nicht haltbar. Ein Stoffschiff ist nach einer Reise unbrauchbar.

Fig. 21. Stoffschiffe sind nicht haltbar.

Man kann auch Schiffe aus Blech bauen. Das ist verhältnismäßig leicht. Man braucht nur Blech, Leim und Farbe. Blech ist billig, Leim ist billig, Farbe ist billig. Also sind Blechschiffe billig.

Fig. 22. Blechschiffe sind billig.

Blechschiffe sind leichter als Pappschiffe. Sie sind auch haltbarer als Pappschiffe. Sie sind aber nicht haltbar. Ein Blechschiff ist nach einer Reise unbrauchbar.

Fig. 23. Blechschiffe sind nicht haltbar.

Man kann auch Schiffe aus Holz bauen. Das ist verhältnismäßig leicht. Man braucht nur Holz, Leim und Farbe. Holz ist billig, Leim ist billig, Farbe ist billig. Also sind Holzschiffe billig.

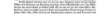


Fig. 24. Holzschiffe sind billig.

Holzschiffe sind leichter als Pappschiffe. Sie sind auch haltbarer als Pappschiffe. Sie sind aber nicht haltbar. Ein Holzschiff ist nach einer Reise unbrauchbar.

Fig. 25. Holzschiffe sind nicht haltbar.

Digitized by Google

Lebensart, natürlichen Bewegungen und Gesichtsausdruck durchdrungen haben. Ihre Gewänder sind nicht mehr so steif und eckig, sondern fallen in weichen Falten, die den Körper mehr oder weniger durchscheinen lassen. Die Haare sind nicht mehr in Perlenschnüre aufgelöst, sondern in Locken gelegt, die in Zöpfen oder Flechten endigen. Während also die Gewänder der Frauen am Mittelalter und Renaissance sich anschließen, ist ihre Haartracht ganz antik. Die Figuren sind

Fig. 15. Statue der Ecclesia am Dom zu Bamberg. Nach Photographie von Bruckmann in München.

Fig. 16. Statue der Synagoge am Dom zu Bamberg. Nach Photographie von Bruckmann in München.

meist 2 Köpfe hoch. Die Ecclesia (Fig. 15) ist 2,10 m, die Synagoge (Fig. 16) 2,05 m hoch. Die Ecclesia ist 0,65 m, die Synagoge 0,60 m breit. Die Ecclesia ist 0,40 m, die Synagoge 0,35 m tief. Die Ecclesia ist 0,30 m, die Synagoge 0,25 m dick. Die Ecclesia ist 0,20 m, die Synagoge 0,15 m hoch. Die Ecclesia ist 0,10 m, die Synagoge 0,05 m breit. Die Ecclesia ist 0,05 m, die Synagoge 0,04 m tief. Die Ecclesia ist 0,04 m, die Synagoge 0,03 m dick. Die Ecclesia ist 0,03 m, die Synagoge 0,02 m hoch. Die Ecclesia ist 0,02 m, die Synagoge 0,01 m breit. Die Ecclesia ist 0,01 m, die Synagoge 0,00 m tief. Die Ecclesia ist 0,00 m, die Synagoge 0,00 m dick.

Digitized by Google

der Verwendung des Blattgoldes finden, so ist anzunehmen, daß seine Herstellung angesichts der damaligen Handelsbeziehungen und des oft festgestellten Austausches technischer Fertigkeiten durch den Verkehr nach den gleichen Verfahren geschah wie bei den Ägyptern. Manche Völker, die Blattgold verwendeten, mögen es allerdings auch aus dem Auslande bezogen haben. Die Chinesen, deren Kultur sich ja zum größten Teil auf die Verwendung des Papiers gründet, haben anstatt der Pergamenthaut wahrscheinlich dünne Blätter schwarzen Papiers benutzt.

Abb. 33 und 34. Zwei Seiten eines Formsteins aus Granit zum Treiben verschiedener Schmucksachen.

Die Annahme von Schliemann, daß es sich um eine Gußform handle, ist sicherlich falsch, denn es fehlen Gegenform, Eingußtrichter und -kanäle, Windpfeifen usw.; auch gleicht die Form den bei Goldschmieden bis in die Neuzeit gebrauchten Treibformen, dann wurden die in Frage kommenden Gegenstände stets durch Treibarbeit hergestellt. $^2/_3$ der natürlichen Größe.

Eine sehr weite Verbreitung erlangte das Blattgold bei den Griechen und Römern. Bei den ersteren findet seine Verwendung schon zu den Zeiten Homers, also wahrscheinlich bereits 850—800 v. Chr., statt. Die Form wurde jedoch nicht aus Goldblättchen und -haut, sondern wahrscheinlich aus Schichten von Goldblech und Kupferblättchen gebildet. Schreibt doch Dioscorides (V 91) um 75 n. Chr., daß man zur Bereitung von Kupfervitriol auch die Feilspäne von Kupferblättchen benutzen könnte, zwischen denen das Blattgold geschlagen wird (λεπίδων, αἷς περιεχόμενα τὰ χρυσᾶ πέταλα ἐλαύνεται). Für Goldplatten und Blattgold gab es verschiedene Bezeichnungen, und zwar sowohl bei den Griechen wie bei den Römern. Bei den letzteren unterschied man wieder je nach der Dicke des Blattgoldes verschiedene Arten. Plinius (XXXIII 61) erzählt, daß man aus einer Unze (30,59 Gramm) Gold 750 und mehr Blätter von vier Finger Seitenlänge zu schlagen vermochte. (1 digitus = 0,0185 m; Clarac [s. unten] nimmt eine um einen nicht nennenswerten Betrag abweichende Größe an.) Die feinsten Blätter mochten also etwa eine Dicke von 1/300 Millimeter haben, so daß sie, da man jetzt Dicken von 1/9000 Millimeter erreicht, ungefähr dreimal so dick gewesen sein dürften wie unser heutiges feinstes Blattgold. Aus Versuchen, die Clarac über die eben erwähnte Angabe des Plinius machen ließ, ergab sich die nachstehende bemerkenswerte Vergleichstabelle zwischen altrömischer und neuzeitlicher Goldschlägertechnik, wobei die Blätter von 0,00018 Millimeter Dicke allerdings eine besondere, für gewöhnlich nicht erreichte Leistung darstellen.

Digitized by Google

Jahr	Einkommen	Ausgaben	Ersparnis	Ersparnis-quote
	Mrd. DM	Mrd. DM	Mrd. DM	%
1950	100,0	100,0	0,0	0,0
1951	118,1	114,6	3,5	2,9
1952	128,3	121,8	6,5	5,1
1953	139,3	129,8	9,5	6,8
1954	150,3	137,8	12,5	8,3
1955	164,3	149,3	15,0	9,1
1956	178,3	160,8	17,5	9,8
1957	190,3	170,8	19,5	10,2
1958	198,3	176,8	21,5	10,8
1959	212,3	188,8	23,5	11,1
1960	230,3	203,8	26,5	11,5

Tab. 1: Einkommen, Ausgaben und Ersparnis der privaten Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland 1950–1960

Abb. 1: Einkommen, Ausgaben und Ersparnis der privaten Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland 1950–1960

Abb. 2: Ersparnisquote der privaten Haushalte in der Bundesrepublik Deutschland 1950–1960

Sparen. Die Ersparnisquote der Haushalte stieg von Jahr zu Jahr an. Diese Entwicklung ist in Abb. 2 dargestellt.

Abb. 17. Kreuzigung Christi. Elfenbeinrelief. Ende des 5. Jahrhunderts. Berlin, Kaiser-Friedrich-Museum.

Abb. 18. Kreuzigung Christi. Elfenbeinrelief. Ende des 5. Jahrhunderts. London, Victoria and Albert Museum.

Abb. 19. Kreuzigung Christi. Elfenbeinrelief. Ende des 5. Jahrhunderts. Paris, Bibliothèque Nationale.

Abb. 20. Kreuzigung Christi. Elfenbeinrelief. Ende des 5. Jahrhunderts. Paris, Bibliothèque Nationale.

Kaiserswerther Kreuz. Elfenbeinrelief. Ende des 5. Jahrhunderts. Berlin, Kaiser-Friedrich-Museum.

Digitized by Google

Abb. 1 Schreibtafel aus Ton, Ende 4. Jahrtausend v. Chr., Susa, Iran. Vorderseite mit Schreibübungen, Rückseite mit Rechnungen. Paris, Musée du Louvre, Département des Antiquités Orientales, Sb 2731

Abb. 2 Schreibtafel aus Ton, Ende 4. Jahrtausend v. Chr., Susa, Iran. Vorderseite mit Schreibübungen, Rückseite mit Rechnungen. Paris, Musée du Louvre, Département des Antiquités Orientales, Sb 2731

Abb. 3 Schreibtafel aus Ton, Ende 4. Jahrtausend v. Chr., Susa, Iran. Vorderseite mit Schreibübungen, Rückseite mit Rechnungen. Paris, Musée du Louvre, Département des Antiquités Orientales, Sb 2731

Copyright © 2018 Harrassowitz Verlag, Wiesbaden

Die Bemalung dient, wie viele noch sehr wohl erkennbare Spuren beweisen, dazu, die Figuren farbig hervorzuheben. Die Farben sind Rot, Weiß und Violett. Rot ist die Farbe der Haut, Weiß die der Gewänder, Violett die der Haare. Die Farben sind nicht immer konsequent verwendet, aber sie sind es in der Regel. Die Bemalung ist nicht sehr sorgfältig, sie ist nicht dazu bestimmt, dauernd zu bleiben. Die Farben sind mit Wasser aufgetragen, ohne Bindemittel. Die Bemalung dient dazu, die Figuren von dem Grund, auf dem sie stehen, abzuheben. Sie ist nicht dazu bestimmt, dauernd zu bleiben. Die Farben sind mit Wasser aufgetragen, ohne Bindemittel.

Abb. 18. Kantharos (Becher) aus Attika (Athen?). Mitte 5. Jahrhundert. Berlin, Staatliche Museen, Antikensammlung.

Abbildung 18. Kantharos (Becher) aus Attika (Athen?). Mitte 5. Jahrhundert. Berlin, Staatliche Museen, Antikensammlung. Die Bemalung dient, wie viele noch sehr wohl erkennbare Spuren beweisen, dazu, die Figuren farbig hervorzuheben. Die Farben sind Rot, Weiß und Violett. Rot ist die Farbe der Haut, Weiß die der Gewänder, Violett die der Haare. Die Farben sind nicht immer konsequent verwendet, aber sie sind es in der Regel. Die Bemalung ist nicht sehr sorgfältig, sie ist nicht dazu bestimmt, dauernd zu bleiben. Die Farben sind mit Wasser aufgetragen, ohne Bindemittel. Die Bemalung dient dazu, die Figuren von dem Grund, auf dem sie stehen, abzuheben. Sie ist nicht dazu bestimmt, dauernd zu bleiben. Die Farben sind mit Wasser aufgetragen, ohne Bindemittel.

Generated by Google

FIG. 1
FIG. 2
FIG. 3
FIG. 4
FIG. 5
FIG. 6

Die Form der von G. Hirth entdeckten Rheinischen Schnurösen (Textabb. 1) ist bekannt. Sie kommen in Deutschland nur in Gräbern der Bronzezeit vor. Auf Hügel 3 fanden sich zwei Exemplare, die in einem der vier Bronze-

Abb. 27. Bronzeschale mit Schnurösen. Hügel 3. Grab 4. Tiefe 0,80 m. Durchmesser 0,21 m.

schalen enthalten waren, die in Grab 4 und 5 gefunden wurden. Grab 4 lag 0,80 m tief und enthielt außer der Schale noch eine Bronzenadel mit Kugelkopf und Resten von Leichenbrand. Grab 5 lag 0,70 m tief und enthielt außer der Schale noch eine Bronzenadel mit Kugelkopf und Resten von Leichenbrand. Grab 6 lag 0,60 m tief und enthielt außer der Schale noch eine Bronzenadel mit Kugelkopf und Resten von Leichenbrand. Grab 7 lag 0,50 m tief und enthielt außer der Schale noch eine Bronzenadel mit Kugelkopf und Resten von Leichenbrand. Grab 8 lag 0,40 m tief und enthielt außer der Schale noch eine Bronzenadel mit Kugelkopf und Resten von Leichenbrand. Grab 9 lag 0,30 m tief und enthielt außer der Schale noch eine Bronzenadel mit Kugelkopf und Resten von Leichenbrand. Grab 10 lag 0,20 m tief und enthielt außer der Schale noch eine Bronzenadel mit Kugelkopf und Resten von Leichenbrand.

Bei 10 Bronzen und zerbrochenen Resten der Bronzeschalen aus den Gräbern 4 und 5 wurden Spektralanalysen vorgenommen. Es ergab sich,

gab, sondern es außerdem noch mit erhabenen oder vertieften Verzierungen versah. Ob man aus dem Blech auch Plättchen ausstanzte, obschon man die Lochstanze kannte und sie schon in mykenäischer Zeit zur Herstellung von Verzierungen verwendete, erscheint nicht als erwiesen. Runde Metallplättchen wurden wahrscheinlich mit der Schere oder dem Messer ausgeschnitten. Hingegen stanzte man Verzierungen in Kästchen, in Metallstückchen, die auf die Kleider aufgenäht wurden, usw. usw. in der Weise ein, daß man das Metallblech auf einen Amboß von Blei auflegte. Dann wurde die aus härterem Metall, also aus Bronze oder vielleicht auch aus Eisen angefertigte Stanze aufgesetzt. Sie enthielt die Verzierungen, die meist durch Eingravieren, vielleicht auch mittels des Schleifrades, hergestellt worden sein dürften. Durch einen kräftigen Schlag mit dem Hammer drückte sich die auf der Stanze enthaltene Darstellung in das Metallblech ab. Manchmal hat man das Blech wohl auf die mit der Gravierung nach oben gerichtete Stanze aufgelegt und es dann durch Treiben mittels des Hammers in sie eingeschlagen. Verzierungen, die sich besonders oft wiederholten, wie Ornamente auf Blechen, Randleisten an Bechern usw. usw., wurden meist durch Aneinanderreihen bei Gebrauch ein und derselben Stanze hergestellt.

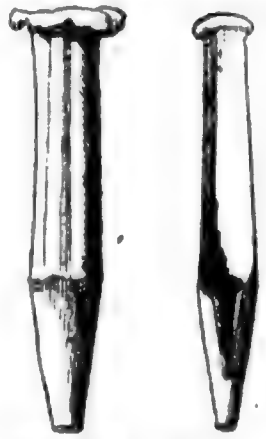


Abb. 47. Lochelfen. Zum Einstanzen von Verzierungen in Blech.

Prägen, Ziselieren und Gravieren.

Sehr nahe verwandt mit dem Stanzen war das Prägen, das vor allem bei der Herstellung der Münzen ausgedehnte Anwendung fand, die jedoch insbesondere in römischer Zeit sehr häufig auch durch Guß gewonnen wurden. Wir werden auf die letztere Art ihrer Anfertigung später, bei der Besprechung des Metallgusses, noch zurückkommen. Hier sei zunächst die Prägung besprochen, die sich infolge eigenartiger Umstände entwickelte. Als Geld diente zunächst nicht überall Metall; die verschiedensten Gegenstände wurden verwendet, ja in China soll bereits im Jahre 2697 v. Chr. Papiergeld ausgegeben worden sein, das aus den Fasern des Maulbeerbaumes bereitet wurde und mit dem Sinnspruch versehen war: „Alles, was du tust, tue mit Vorsicht". Als man die Metalle als Geld zu verwenden begann, behandelte man sie wie Ware, d. h. man wog sie sich zu. So verfuhren die Juden vor der babylonischen Verbannung. In Ägypten waren zum Abwiegen des Geldes, das die Form runder aus Edelmetall gefertigter Ringe hatte, sehr zweckmäßig gebaute Wagen im Gebrauch (s. Abb. 48 S. 44, ferner Abb. 49 S. 45). Aber auch die Griechen und Römer benutzten zunächst keine geprägten Münzen. Da das Abwiegen zeitraubend war, so vereinfachte man das Verfahren, indem man dem Edelmetall die schon erwähnten Formen von Ringen oder auch von Barren gab, die ein bestimmtes Gewicht haben sollten. Auf Grund dieses durch eine so einfache Technik der Herstellung gewonnenen Geldes entwickelte sich, z. B. in Babylon, bereits eine ausgedehnte Geldwirtschaft. Die Ringe gaben aber keine Gewähr dafür, daß sie aus Metall vom richtigen Feingehalt hergestellt waren. Ein Ring konnte zwar das richtige Gewicht aufweisen, aber doch weniger Gold enthalten, als er sollte. Ziemlich spät erst kam man auf den Gedanken, zur Beglaubigung des Gewichts und des Feingehaltes eine Abstempelung der Ringe oder Barren vorzu-

Digitized by Google

Abbildung 1: Die Heimat des Vogelsangs, dem Sitz Österreichs, einer stadtnahen Villa in Hietzing, Wien, Hietzinger Hauptstraße 42, Ansicht von Südwesten, Foto um 1900. Die Villa wurde 1913 für Karl Kraus (1874–1936) errichtet, der hier bis zu seinem Tod lebte. Sie ist heute Sitz des Karl-Kraus-Archivs und der Bibliothek der Universität Wien. Die Fassade ist seit der Renovierung 2004 wieder in dem Zustand, in dem sie sich auf dem Foto befindet. Die Villa wurde 1913 für Karl Kraus (1874–1936) errichtet, der hier bis zu seinem Tod lebte. Sie ist heute Sitz des Karl-Kraus-Archivs und der Bibliothek der Universität Wien. Die Fassade ist seit der Renovierung 2004 wieder in dem Zustand, in dem sie sich auf dem Foto befindet.

Die Villa wurde 1913 für Karl Kraus (1874–1936) errichtet, der hier bis zu seinem Tod lebte. Sie ist heute Sitz des Karl-Kraus-Archivs und der Bibliothek der Universität Wien. Die Fassade ist seit der Renovierung 2004 wieder in dem Zustand, in dem sie sich auf dem Foto befindet.

Die Entdeckung der Heimat ist ein Thema, das in der Literatur immer wieder auftaucht. Es ist ein Thema, das in der Literatur immer wieder auftaucht. Es ist ein Thema, das in der Literatur immer wieder auftaucht. Es

Bones and Teeth Bones. Excellent examples of bones were found in the Cave of Hearths, Makapansgat, and in the Sterkfontein Valley. Bones are found in the Transvaal caves in all stages of preservation, from the fresh bone to the completely fossilized. Bones collected will be found

Fig. 1. Bone Implement from Cave of Hearths, Makapansgat. Found in association with Australopithecine remains.

Fig. 2. Bone Implement from Cave of Hearths, Makapansgat. Found in association with Australopithecine remains.

Fig. 3. Bone Implement from Cave of Hearths, Makapansgat. Found in association with Australopithecine remains.

Fig. 4. Bone Implement from Cave of Hearths, Makapansgat. Found in association with Australopithecine remains.

Fig. 5. Bone Implement from Cave of Hearths, Makapansgat. Found in association with Australopithecine remains.

Fig. 6. Bone Implement from Cave of Hearths, Makapansgat. Found in association with Australopithecine remains.

Fig. 7. Bone Implement from Cave of Hearths, Makapansgat. Found in association with Australopithecine remains.

to be in the Museum. Teeth are also found in all stages of preservation. Those found in association with the Australopithecine remains are fossilized. Teeth of the Sabre-tooth Tiger, Dinofelis, Hyaena, Elephant, Rhinoceros, Hippopotamus, Baboon, Antelope, Buffalo, Zebra, Pig, Bushpig, Porcupine, Hare, Rodents, Bat, Monkey, Man, and Australopithecine are found in the Museum collection. Bones and teeth of Lion, Leopard, Cheetah, Jackal, Wild Dog, Hyaena, Wild Cat, Genet, Mongoose, Ant-bear, Aardvark, Aardwolf, Rock Rabbit, Rodents, Bat, Monkey, Man, and Baboon are found in the caves of the Transvaal.

Stone Implements. Stone implements are found in all the caves of the Transvaal. Those found in association with the Australopithecine remains are of the Pre-Stellenbosch Culture. Implements of the Stellenbosch Culture are found in the Sterkfontein Valley, Kromdraai, Swartkrans, Makapansgat, Bolt's Farm, Olifantsnek, Zwartkop, Cave of Hearths, Pienaar's River, Rietfontein, Wonderkrater, Buffelshoek, Rhenosterkop, Kromdraai, Kromdraai Extension, Haasgat, Cave of Hearths, Makapansgat, Bolt's Farm, Olifantsnek, Zwartkop

Abb. 6: Münzen der Sammlung Schmidt

Mit freundlicher Genehmigung des Autors

Bilder stellen eine berühmte Persönlichkeit aus der mittelalterlichen Kunst dar, nämlich den Meister Gerhard, der in Köln in der Zeit von 1360 bis 1380 eine Reihe von Altarbildern für die Kirche St. Maria im Kapitol gemalt hat.

Wilh. Schmitz-Cleff hat sich die Aufgabe gestellt, diese Bilder, die zum Teil in Privatbesitz, zum Teil in Museen sich befinden, zu einem Ganzen zu vereinigen, und hat sie in Gedanken in ihre ursprüngliche Umgebung zurückversetzt. Er hat sie in einer Kirche vereinigt gedacht, deren Architektur sich an die Kölner Gotik anlehnt, und hat sie in dieser Kirche an ihren Plätzen aufgestellt. Das Ergebnis ist ein Bild, das in seiner Art ganz vortrefflich ist. Es ist ein Bild, das uns in die Zeit des Meisters Gerhard versetzt, das uns die Kunst dieses Meisters in ihrer Eigenart und in ihrer Bedeutung vor Augen führt. Es ist ein Bild, das uns in die Kirche versetzt, in der diese Bilder ursprünglich gestanden haben, und das uns die Wirkung dieser Bilder in ihrer Umgebung vor Augen führt. Es ist ein Bild, das uns in die Zeit versetzt, in der diese Bilder entstanden sind, und das uns die Kunst dieser Zeit in ihrer Eigenart und in ihrer Bedeutung vor Augen führt.

Wilh. Schmitz-Cleff: Meister Gerhard und seine Werke.

Wilh. Schmitz-Cleff hat sich die Aufgabe gestellt, diese Bilder, die zum Teil in Privatbesitz, zum Teil in Museen sich befinden, zu einem Ganzen zu vereinigen, und hat sie in Gedanken in ihre ursprüngliche Umgebung zurückversetzt. Er hat sie in einer Kirche vereinigt gedacht, deren Architektur sich an die Kölner Gotik anlehnt, und hat sie in dieser Kirche an ihren Plätzen aufgestellt. Das Ergebnis ist ein Bild, das in seiner Art ganz vortrefflich ist. Es ist ein Bild, das uns in die Zeit des Meisters Gerhard versetzt, das uns die Kunst dieses Meisters in ihrer Eigenart und in ihrer Bedeutung vor Augen führt. Es ist ein Bild, das uns in die Kirche versetzt, in der diese Bilder ursprünglich gestanden haben, und das uns die Wirkung dieser Bilder in ihrer Umgebung vor Augen führt. Es ist ein Bild, das uns in die Zeit versetzt, in der diese Bilder entstanden sind, und das uns die Kunst dieser Zeit in ihrer Eigenart und in ihrer Bedeutung vor Augen führt.

Digitized by Google

Museum besitzt eine Goldmedaille, die wahrscheinlich aus der Zeit der sagenhaften Königin Semiramis, der Schwiegertochter Salmanassars III. (860—826), stammt, und die trotz ihrer primitiven Technik von hoher künstlerischer Vollendung ist.

Außer den vorerwähnten Verfahren der mechanischen Metallbearbeitung war noch das Ziselieren (s. Abb. 52 S. 47) gebräuchlich, das ebenso wie das Gravieren mit Werkzeugen ausgeführt wurde, die den heute benutzten im wesentlichen glichen.

Nieten, Löten, Schweißen, Kitten.

Die Vereinigung einzelner Metallstücke zu einem größeren Ganzen erfolgte, wie wir schon oben erwähnten, anfänglich durch Zusammennieten oder durch Verwendung von Klammern. Wann statt dessen die innigere Verbindung durch das Löten aufkam, ist unbekannt. Man will in Glaukos aus Chios den Erfinder des Lötens erkennen, wenigstens scheint er im Altertum dafür gegolten zu haben. Tatsächlich aber sind die Kunst des Lötens sowohl wie die des Schweißens schon vor Glaukos, der um das Jahr 700 v. Chr. lebte, bekannt gewesen. Unter „Löten" versteht man die Vereinigung zweier Stücke gleichen oder verschiedenen Metalls unter Anwendung des Feuers und unter Verwendung eines dritten Metalls, des sogenannten „Lotes". Beim „Schweißen" geschieht die Vereinigung zwar gleichfalls im Feuer, jedoch ohne Anwendung des dritten Metalls. Geschweißte Stücke, die aus dem Jahre 1490 v. Chr. stammen, sind bei den Ausgrabungen in Theben gefunden worden (Wilkinson II 258). Des weiteren befindet sich im Britischen Museum eine altägyptische Klapper, die aus pharaonischer Zeit stammt und mit Blei gelötet ist. Es ließ sich nicht genau ermitteln, wann sie hergestellt wurde, aber jedenfalls ist sie gleichfalls älter als die angeblich von Glaukos gefertigten Gegenstände. Des weiteren hat Schliemann Goldgefäße ausgegraben, die gleichfalls, und zwar mit Gold, gelötet sind. Aus alledem sowie aus verschiedenen anderen Funden geht hervor, daß das Löten sowohl wie das Schweißen eine uralte Technik darstellen. Wie die Untersuchungen, insbesondere des Hildesheimer Silberfundes, der aus der Zeit der julischen Kaiser stammt, ergeben haben, war damals bereits sowohl das Hartlöten wie auch das Weichlöten im Gebrauch. Das Weichlot besteht aus Zinn oder einer Zinnlegierung und ist leichtflüssig. Das Hartlot ist eine Kupferlegierung, meist von der Zusammensetzung der Bronze oder des Messings. Wieweit man diese beiden Arten von Loten zu Plinius' Zeiten verwendete, läßt sich aus seinen Schriften nicht erkennen, da er (nach Blümner) nur eine unklare Darstellung der Löttechnik gibt (XXXIII 94): „Für Gold dient Chrysokolla, für Eisen Tonerde, für massive Kupferstücke Galmei, für Kupferblech Alaun, für Blei mit Marmor Harz, für Blei mit Blei Zinn, für Zinn mit Zinn Öl und dasselbe für die Verbindung von Werkblei mit Bronze oder von Werkblei mit Silber". Es ist unmöglich, hier dem Gedankengange des Plinius zu folgen, der die Lote und die „Lötmittel", also jene Stoffe, die man beim Löten verwendet, um die Luft von der Lötstelle abzuhalten und dadurch Oxydationen zu vermeiden, einfach durcheinanderwirft. Als derartige „Lötmittel" ergeben sich aus der vorstehenden Stelle des Plinius die Tonerde, der Alaun und das Öl. Blei läßt sich mit Marmor überhaupt nicht verlöten. Das Harz diente wahrscheinlich gleichfalls als Lötmittel bei Bleilötungen sowie beim Ausgießen von Löchern in Marmor mit Blei. Dieses Ausgießen wurde sehr oft zu dem Zwecke vorgenommen, bronzene oder Eisenklammern im Marmor zu befestigen. „Chrysokolla" ist Malachit, also ein basisches Kupferkarbonat von der Formel $CuCO_3Cu(OH)_2$, das wahrscheinlich nicht als Lot benutzt wurde, sondern

Digitized by Google

zur Herstellung eines Goldlotes diente, über dessen Bereitung uns Dioscorides (V 92) sowie Plinius nähere Angaben machen: Grünspan wird mit dem Urin eines Knaben in einem kupfernen Mörser vermengt. Dann wird noch Soda zugesetzt. Wahrscheinlich konnte man statt des Grünspans auch den ähnlich zusammengesetzten Malachit, also das „Chrysokolla", verwenden.

Grünspan ist ein basisches Kupferacetat von der Zusammensetzung $Cu(C_2H_3O_2)_2\ 2\ Cu(OH_2)$, das sich unter dem Einfluß der Hitze in ähnlicher Weise zersetzt wie der Malachit, so daß schließlich reines geschmolzenes Kupfer entstand, das die Vereinigung herbeiführte. In beiden Fällen bildet sich u. a. auch Kohlensäure bezw. Kohlenoxyd, die die zu vereinigenden Metallflächen vor Oxydation schützen.

Die von Plinius angegebene Verwendung des Galmeis als Lot erklärt sich dadurch, daß aus dieser Verbindung von Zink mit Kohlensäure im Kohlenfeuer reines Zink entstand, das dann mit dem zu lötenden Kupfer Messing ergab, so daß sich also ein Hartlot bildete. Ein beliebtes und viel gebrauchtes Lot war das Blei sowie seine Legierung mit Zinn. Auch reines Zinn wurde zum Löten von Edelmetallen verwendet (Hildesheimer Silberfund).

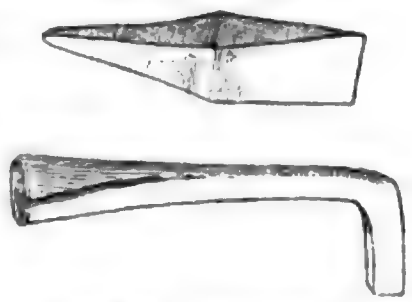


Abb. 53 u. 54. Römisches Lötrohr (?) und Lötkolben. Gefunden bei Chatelet in Frankreich.

Die eigentliche Technik des Lötens dürfte sich von der heutigen wohl kaum unterschieden haben. Das Lötrohr, das zum Anblasen des Feuers diente, war wahrscheinlich schon den alten Ägyptern bekannt. Die römischen Goldschmiede benutzten es mit Bestimmtheit, ebenso stand auch der Lötkolben in Verwendung. (Abb. 53 und 54.)

Wo es sich darum handelte, Metalle mit anderem Material zu verbinden, verwendete man, soweit nicht das oben erwähnte Ausgießen mit Blei in Frage kam, Kitte, deren Zusammensetzung bis jetzt nur teilweise geklärt ist. So fand Rhousopoulus in einem Grabe von Mykenae goldene Rosetten, die mit einem manganhaltigen Kitt auf dem Holzdeckel des Sarges festgekittet waren. Ähnliche manganhaltige Kitte wurden noch mehrfach gefunden, so daß wohl irgendein Manganerz, wahrscheinlich der Braunstein, in altgriechischer Zeit einen viel gebrauchten Bestandteil derartiger Metallkitte gebildet haben dürfte.

Schmieden.

Wie bei uns, so spielte unter den verschiedenen Arten der mechanischen Metallbearbeitung auch schon im Altertum das Schmieden eine hervorragende Rolle; lieferte der Schmied doch auch damals schon einen großen Teil des für die Landwirtschaft, die Technik, das Haus, das Verkehrs- und das Kriegswesen nötigen Bedarfs. In älteren Zeiten war das zum Schmieden am meisten benutzte Metall die Bronze, neben der auch das reine Kupfer verwendet wurde. So fand Pater Scheil in Susa eine Schmiederechnung auf Terrakotta aus dem 30. Jahrhundert v. Chr. über Waffen aus Bronze. Später bildete das Eisen die Grundlage des Schmiedehandwerks. Ob und wieweit man bei der Bronze und beim Kupfer ein eigentliches „Schmieden" anwendete, d. h. ein Bearbeiten nach vorhergegangenem Erweichen durch Erhitzen im Feuer, mag dahingestellt bleiben. Wahrscheinlich waren beide Arten der Bearbeitung,

Digitized by Google

die des Treibens im kalten und die des Schmiedens im erhitzten Zustande, gleichzeitig im Gebrauch, wenigstens läßt die Stelle im 18. Gesang der Ilias, die von der Herstellung der Wehr des Achilleus durch Hephästos handelt, darauf schließen, daß hier Bronze kalt und heiß bearbeitet sowie mit auf- oder eingelegten Verzierungen versehen wurde:

„Dieses gesagt, verließ er sie dort und ging in die Esse,
Wandt' in das Feuer die Bälg' und hieß sie mit Macht arbeiten.
Zwanzig bliesen zugleich der Blasebälg' in die Öfen,
Allerlei Hauch aussendend des glutanfachenden Windes,
Bald des Eilenden Werk zu beschleunigen, bald sich erholend,
Je nachdem es Hephästos befahl zur Vollendung der Arbeit.
Jener stellt' auf die Glut unbändiges Erz in den Tiegeln,
Auch gepriesenes Gold und Zinn und leuchtendes Silber,
Richtete dann auf den Block den Amboß, nahm mit der Rechten
Drauf den gewaltigen Hammer und nahm mit der Linken die Zange.
Erst nun formt' er den Schild, den ungeheuren und starken,
Ganz ausschmückend mit Kunst. Ihn umzog er mit schimmerndem Rande,
Dreifach und blank, und fügte das silberne schöne Gehenk an.
Aus fünf Schichten gedrängt war der Schild selbst; oben darauf nun
Bildet' er mancherlei Kunst mit erfindungsreichem Verstande."

Diese Beschreibung Homers gibt uns über die Technik des Schmiedens in sehr alter Zeit wichtige Aufschlüsse und zeigt vor allem, daß man damals bereits in der Hauptsache dieselben Geräte gebrauchte wie auch jetzt noch, nämlich Blasebalg, Amboß, Hammer und Zange. In der Tat scheint der Blasebalg eines der ältesten bei der Bearbeitung der Metalle in erhitztem Zustande gebräuchlichen Geräte gewesen zu sein, wird er doch sowohl auf den altägyptischen Tempelgemälden von Karnak (16. Jahrhundert v. Chr.) dargestellt wie auch in der Bibel erwähnt, wo es (Jeremias 6, 29) heißt: „Der Blasebalg ist verbrannt". Bei den Römern wird er gleichfalls vielfach erwähnt, wie z. B. bei Plinius (XXXIV 9): „Dies Erz macht man mittels Blasebalgs flüssig" und im Virgil (Äneis VIII 416), wo die Arbeit des Schmiedes geschildert wird:

„Über ihm donnert die Höhl' und ätnäische Kluft der Zyklopen,
Ganz durchbrannt von den Essen, und kräftige Schläg' auf den Amboß
Führen dem Ohr das Getös zurück; im Gewinde der Gänge
Zischen die Massen des Stahls, wild atmet die Glut in den Öfen:
Dort nun stieg vom Himmel herab der Gebieter des Feuers.
Allda schmiedeten Eisen in räumiger Kluft die Zyklopen,
Brontes, Steropes auch und mit nackenden Gliedern Pyrakmon".

Unter „Gewinde der Gänge" kann hier, vom technischen Standpunkt aus betrachtet, nur ein Blasebalg verstanden sein.

Wie sah nun der Blasebalg des Altertums aus? Die altägyptischen Darstellungen zeigen Säcke aus Haut, wahrscheinlich Ochsenhaut, die in ein Gestell eingebunden waren, damit sie sich nicht verrückten, und von denen vorne eine Windleitung, wahrscheinlich aus Bambusrohr, bis in die Nähe des Herdes ging. Hier war, um ein Anbrennen zu verhüten, eine Winddüse angesetzt. Der Arbeiter, der den Blasebalg bediente, stand mit je einem Fuß auf einem solchen Sack und hatte in jeder Hand einen Strick, mit dem er ihn emporziehen konnte. Während er mit dem einen Fuße

Digitized by Google

Klima in St. Moritz. Photo. C. G. Der gelbere Ton unserer weißen Haut ist ein Zeichen der Gesundheit.

Klima in St. Moritz. Photo. C. G. Die Sonnenbäder sind eine Hauptkur in St. Moritz. Sie bräunen die Haut und machen sie widerstandsfähig gegen Kälte und Wind.

Klima in St. Moritz. Photo. C. G. Die Sonnenbäder sind eine Hauptkur in St. Moritz. Sie bräunen die Haut und machen sie widerstandsfähig gegen Kälte und Wind.

Ablöschen, d. h. das plötzliche Abschrecken des glühenden Eisens im kalten Wasser, um es zu härten, wird schon im Homer (Odyssee IX 391) erwähnt:

„Wie wenn ein kluger Schmied die Holzaxt oder das Schlichtbeil
Aus der Ess' in den kühlenden Trog, der sprudelnd emporbraust,
Wirft und härtet; denn dieses ersetzt die Kräfte des Eisens".

In der Tat schrieb man die beim Ablöschen des erhitzten Eisens im Wasser eintretende Härte eigenartigen Kräften zu. Auch hielt man manches Wasser für besser

Abb. 59. Messerschmied.

Abb. 60. Verkaufsladen eines Messerschmieds, der die verschiedenen Formen der durch Schmieden erhaltenen Messer erkennen läßt.

Abb. 59 und 60: Von einem Grabstein der Galeria lapidaria des Vatikan.

zum Härten geeignet als anderes, eine Ansicht, die vielleicht in der verschiedenen Temperatur der Gewässer ihren Grund hat: in einem aus einem sehr kalten Flusse geschöpften und sofort zum Ablöschen verwendeten Wasser mußte der Stahl härter

Abb. 61. Grobschmied.
[Relief von einem Sarkophag in Rom.]

Abb. 62. Römische Schmiede.
Links wahrscheinlich Betätigung des Blasebalgs, auf dessen Hebel der Geselle sitzt. Grabstein im Museum des Lateran.

und spröder werden als in einem wärmeren, aus einem stehenden Teiche u. dgl. herrührenden. Wenn das kältere Wasser bei längerem Gebrauch in der Schmiede auch allmählich eine höhere Temperatur annahm, so mußte doch bei Beginn seiner Verwendung der eben erwähnte Unterschied in der Härtung auffallen. Außer dem Wasser benutzte man noch verschiedene andere Härtungsmittel, wie z. B. das Blut von Böcken (Plinius XXVIII 148), den Urin von Knaben, wobei man insbeson-

Digitized by Google

dere den von rothaarigen sehr schätzte, usw. usw. Ihre Wirkung darf als die von Kohlungsmitteln betrachtet werden, da sie ja sämtlich Kohlenstoff abgeben, der sich im Eisen löst und hier als sogenannter „härtungskohlenstoff" wirkt. Auch Öl wurde verwendet, worin man, wie auch heute noch, feinere Werkzeuge u. dgl. ablöschte. Da Öl nur eine weiche Härte gibt, und da von Hippokrates und anderen eigens erwähnt wird, daß das Ablöschen in Öl den Zweck habe, das Springen bzw. Zerbrechen zu verhüten, so handelt es sich hier um ein Ablöschen zum Zwecke des Anlassens, d. h. zum Zwecke, ein hartes Stahlstück auf der Oberfläche mit einer sehr dünnen, aber etwas weicheren Schicht zu überziehen, die, da sie eine geringere Sprödigkeit aufweist, das Zerspringen und Zerbrechen verhindert. Die Wirkung der

Abb. 63. Römischer Regimentsschmied mit Amboß, Hammer, Zange und Schmiedestück.
Grabstein im Museum zu Sens.

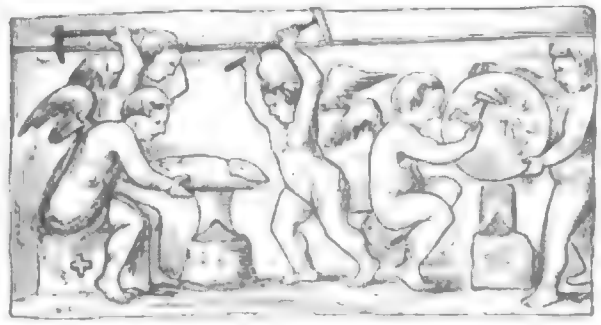


Abb. 64. Schmiedende Eroten.
Von einem römischen Sarkophag. Links Bearbeitung einer Luppe.

Abb. 65. Schleifstein.
Darstellung auf einer Gemme (Echtheit nicht sicher feststehend).

beim Anlassen im Feuer jetzt eine so wichtige Rolle spielenden Anlauffarben scheint im Altertum nicht bekannt gewesen zu sein; hingegen verstand man es, Stahlspitzen und Stahlschneiden an schmiedeeiserne Waffen und Werkzeuge anzuschweißen.

Zur weiteren Bearbeitung des Schmiedestückes war die Werkstatt des Schmiedes mit allen jenen Geräten ausgestattet, die wir auch heute noch darin zu sehen pflegen, also mit Schleifsteinen, die sich in der Form von den jetzigen nicht unterschieden haben dürften und wie diese durch Treten mit dem Fuß in Bewegung gesetzt wurden. Die verwendeten Steine kamen aus Kreta sowie aus Lakonien. Bei ihrer Verwendung benutzte man Öl, während andere Schleifsteine (aus Naxos: Schmirgel?) mit Wasser befeuchtet wurden. Auch die Feile stand im Gebrauch, doch wurde sie verhältnismäßig weniger verwendet als bei uns; eine zugespitzte Vierkantfeile aus altrömischer Zeit hat man in Aliso ausgegraben. Zum Glätten der durch Schmieden erhaltenen Stücke be-

Digitized by Google

Abb. 1. Gewehr 98 mit Bajonett, aufgepflanzt und in der Ausführung des Infanterie-Schützen-Gewehrs 98.

Abb. 2. Gewehr 98 mit Bajonett, aufgepflanzt und in der Ausführung des Infanterie-Schützen-Gewehrs 98.

Gewehr 98 (Abb. 1 und 2) wurde durch Gesetz vom 22. März 1888 eingeführt. Es ist ein Repetiergewehr mit Kammerverschluß, Geradzugschloß und Hülsenauswerfer. Das Gewehr hat 4 Züge mit Rechtsdrall und Patronenlager für die Gewehrpatrone 98. Das Gewehr ist mit Kammerverschluß, Geradzugschloß und Hülsenauswerfer ausgerüstet. Der Kammerverschluß besteht aus dem Kammerstengel mit Kammerkopf und Kammer, dem Verschlußkopf mit Verschlußwarze und Auszieher, dem Schloßgehäuse mit Schloßdeckel, dem Schloß mit Schloßfeder und dem Abzug mit Abzugfeder. Der Kammerstengel ist mit dem Kammerkopf und der Kammer fest verbunden. Der Verschlußkopf ist mit dem Verschlußstengel durch Gewinde verbunden und durch eine Mutter gesichert. Der Auszieher ist in den Verschlußkopf eingesetzt und wird durch eine Feder gegen die Patronenhülse gedrückt. Das Schloßgehäuse ist mit dem Lauf durch Gewinde verbunden und durch eine Mutter gesichert. Der Schloßdeckel ist mit dem Schloßgehäuse durch Scharnier verbunden und durch einen Riegel gesichert. Das Schloß ist mit dem Schloßgehäuse durch Schloßbolzen verbunden und durch Schloßfeder gegen den Kammerstengel gedrückt. Der Abzug ist mit dem Schloßgehäuse durch Abzugbolzen verbunden und durch Abzugfeder gegen den Kammerstengel gedrückt. Der Hülsenauswerfer ist mit dem Schloßgehäuse durch Bolzen verbunden und durch Feder gegen die Patronenhülse gedrückt.

Abb. 3. Gewehr 98, Kammerverschluß.

Das Gewehr hat Kammerverschluß, Geradzugschloß und Hülsenauswerfer. Der Kammerverschluß besteht aus dem Kammerstengel mit Kammerkopf und Kammer, dem Verschlußkopf mit Verschlußwarze und Auszieher, dem Schloßgehäuse mit Schloßdeckel, dem Schloß mit Schloßfeder und dem Abzug mit Abzugfeder. Der Kammerstengel ist mit dem Kammerkopf und der Kammer fest verbunden. Der Verschlußkopf ist mit dem Verschlußstengel durch Gewinde verbunden und durch eine Mutter gesichert. Der Auszieher ist in den Verschlußkopf eingesetzt und wird durch eine Feder gegen die Patronenhülse gedrückt. Das Schloßgehäuse ist mit dem Lauf durch Gewinde verbunden und durch eine Mutter gesichert. Der Schloßdeckel ist mit dem Schloßgehäuse durch Scharnier verbunden und durch einen Riegel gesichert. Das Schloß ist mit dem Schloßgehäuse durch Schloßbolzen verbunden und durch Schloßfeder gegen den Kammerstengel gedrückt. Der Abzug ist mit dem Schloßgehäuse durch Abzugbolzen verbunden und durch Abzugfeder gegen den Kammerstengel gedrückt. Der Hülsenauswerfer ist mit dem Schloßgehäuse durch Bolzen verbunden und durch Feder gegen die Patronenhülse gedrückt.

Digitized by Google

medaille (s. Abb. 8 u. Text Seite 43 f.) in Aug. Im Aversfelde eine Pfauenfeder, darüber die Krone, im Abschnitt die Jahreszahl 1740. Im Revers ein Lorbeerkranz, darin die Inschrift: Dem Vaterlande geboren, Der Welt gelebt, Der Nachwelt gelebt. Ferner eine Medaille auf die Vermählung des Prinzen mit Elisabeth Christine (s. Abb. 9 u. Text Seite 43 f.). Im Avers die Brustbilder des Prinzen und der Prinzessin, im Revers ein Altar, darüber Hymen, der eine Fackel hält, und Amor, der eine Fackel an einer Urne anzündet.

Die Edgar von Rhoden.

Mit Edgar von Rhoden (geb. 1862) betritt ein Medailleur die Bühne, der, Meister in der Technik, Vollendetes in der Medaillenkunst geschaffen hat. Seine Arbeiten sind

Abb. 8. Medaille auf Friedrich den Großen. Von Georg Wilhelm Abel. Berlin, Kgl. Münzkabinett.

Abb. 9. Medaille auf die Vermählung des Prinzen Heinrich mit Elisabeth Christine. Von Georg Wilhelm Abel. Berlin, Kgl. Münzkabinett.

von Anfang an durch eine Reife der Auffassung und Sicherheit der Durchführung ausgezeichnet. Rhoden hat sich in seinen Arbeiten nicht auf eine Richtung festgelegt, sondern hat sich in den verschiedensten Stilarten versucht. Seine Medaillen sind bald mehr malerisch, bald mehr plastisch gehalten, bald mehr realistisch, bald mehr idealistisch. Seine Arbeiten sind stets durchdacht und zeugen von einem feinen Geschmack. Rhoden hat sich auch als Porträtmaler einen Namen gemacht.

Digitized by Google

Abb. 31. Ein Steinbeil mit Holzschaft. Nach Montelius.

Abb. 32. Ein Steinbeil mit Holzschaft. Nach Montelius.

Abb. 33. Ein Steinbeil mit Holzschaft. Nach Montelius.

Abb. 34. Ein Steinbeil mit Holzschaft. Nach Montelius.

Abb. 35. Ein Steinbeil mit Holzschaft. Nach Montelius.

Abb.

den Spezialfall Pharaonenkrone annehmen und für sich eine Besprechung verdienen. Wir wollen hier nur die Krone des Königs Menes, des Begründers der ersten Dynastie, wiedergeben, die auf einer Elfenbeintafel aus Abydos dargestellt ist. Sie besteht aus einem Helm mit Backenklappen, der mit Bändern befestigt wird, und einem Aufsatz, der aus einer Kugel und einem Stab mit Querholz besteht.

Abb. 14. Pharaonenkrone des Königs Menes. Nach Elfenbeintafel aus Abydos.

Schließlich sei hier noch die Krone der Königin Nofretete erwähnt, die sich auf einer Kalksteinplatte befindet, die in Tell el Amarna gefunden wurde. Sie besteht aus einem Kopfputz, der mit Bändern befestigt wird, und einem Aufsatz, der aus einer Kugel und einem Stab mit Querholz besteht.

Abb. 15. Krone der Königin Nofretete. Nach Kalksteinplatte aus Tell el Amarna.

Schließlich sei hier noch eine Krone erwähnt, die sich auf einer Kalksteinplatte befindet, die in Tell el Amarna gefunden wurde. Sie besteht aus einem Kopfputz, der mit Bändern befestigt wird, und einem Aufsatz, der aus einer Kugel und einem Stab mit Querholz besteht.

Digitized by Google

1886. Heute Museo nazionale Romano, Diocletiansthermen. Aus den Thermen am Quirinal. Die Statue ist eine Kopie nach einem Original des 5. Jahrhunderts v. Chr. Vgl. Furtwängler, Meisterwerke der griechischen Plastik, S. 69 ff. Abb. 15. Die Kopie ist nicht gut, aber sie ist die einzige, die wir besitzen. Sie ist wichtig, weil sie uns eine Vorstellung von der Haltung des Originals gibt. Vgl. Furtwängler, Meisterwerke der griechischen Plastik, S. 69 ff. Abb. 15. Die Kopie ist nicht gut, aber sie ist die einzige, die wir besitzen. Sie ist wichtig, weil sie uns eine Vorstellung von der Haltung des Originals gibt.

Abb. 1. Der Diskuswerfer des Myron. Nach einer Kopie im Museo nazionale Romano, Diocletiansthermen. Aus den Thermen am Quirinal. Die Statue ist eine Kopie nach einem Original des 5. Jahrhunderts v. Chr. Vgl. Furtwängler, Meisterwerke der griechischen Plastik, S. 69 ff. Abb. 15. Die Kopie ist nicht gut, aber sie ist die einzige, die wir besitzen. Sie ist wichtig, weil sie uns eine Vorstellung von der Haltung des Originals gibt.

Abb. 2. Der Diskuswerfer des Myron. Nach einer Kopie im Museo nazionale Romano, Diocletiansthermen. Aus den Thermen am Quirinal. Die Statue ist eine Kopie nach einem Original des 5. Jahrhunderts v. Chr. Vgl. Furtwängler, Meisterwerke der griechischen Plastik, S. 69 ff. Abb. 15. Die Kopie ist nicht gut, aber sie ist die einzige, die wir besitzen. Sie ist wichtig, weil sie uns eine Vorstellung von der Haltung des Originals gibt.

Abb. 3. Der Diskuswerfer des Myron. Nach einer Kopie im Museo nazionale Romano, Diocletiansthermen. Aus den Thermen am Quirinal. Die Statue ist eine Kopie nach einem Original des 5. Jahrhunderts v. Chr. Vgl. Furtwängler, Meisterwerke der griechischen Plastik, S. 69 ff. Abb. 15. Die Kopie ist nicht gut, aber sie ist die einzige, die wir besitzen. Sie ist wichtig, weil sie uns eine Vorstellung von der Haltung des Originals gibt.

Abb. 4. Der Diskuswerfer des Myron. Nach einer Kopie im Museo nazionale Romano, Diocletiansthermen. Aus den Thermen am Quirinal. Die Statue ist eine Kopie nach einem Original des 5. Jahrhunderts v. Chr. Vgl. Furtwängler, Meisterwerke der griechischen Plastik, S. 69 ff. Abb. 15. Die Kopie ist nicht gut, aber sie ist die einzige, die wir besitzen. Sie ist wichtig, weil sie uns eine Vorstellung von der Haltung des Originals gibt.

Abbildung Kopie in der Bibliothek Kestner). Die Bildhauerarbeit macht den Eindruck, als ob sie nicht vor dem 16. Jahrhundert entstanden sei. Die Kel. ist hier ganz ähnlich wie auf dem Relief Abb. 1 gebildet, nur ist der Kopf mehr nach vorn gerichtet.

Ein weiteres Relief mit Kel. befindet sich im Palast zu Ravenna. Es ist ein Grabrelief, das einen Mann und eine Frau darstellt, die sich die Hände reichen. Die Kel. ist hier ganz ähnlich wie auf dem Relief Abb. 1 gebildet, nur ist der Kopf mehr nach vorn gerichtet.

Ein weiteres Relief mit Kel. befindet sich im Palast zu Ravenna. Es ist ein Grabrelief, das einen Mann und eine Frau darstellt, die sich die Hände reichen. Die Kel. ist hier ganz ähnlich wie auf dem Relief Abb. 1 gebildet, nur ist der Kopf mehr nach vorn gerichtet.

Abb. 2. Relief im Palast zu Ravenna.

Ein weiteres Relief mit Kel. befindet sich im Palast zu Ravenna. Es ist ein Grabrelief, das einen Mann und eine Frau darstellt, die sich die Hände reichen. Die Kel. ist hier ganz ähnlich wie auf dem Relief Abb. 1 gebildet, nur ist der Kopf mehr nach vorn gerichtet.

Ein weiteres Relief mit Kel. befindet sich im Palast zu Ravenna. Es ist ein Grabrelief, das einen Mann und eine Frau darstellt, die sich die Hände reichen. Die Kel. ist hier ganz ähnlich wie auf dem Relief Abb. 1 gebildet, nur ist der Kopf mehr nach vorn gerichtet.

Ein weiteres Relief mit Kel. befindet sich im Palast zu Ravenna. Es ist ein Grabrelief, das einen Mann und eine Frau darstellt, die sich die Hände reichen. Die Kel. ist hier ganz ähnlich wie auf dem Relief Abb. 1 gebildet, nur ist der Kopf mehr nach vorn gerichtet.

Man sah nun Skeletteile, die anderen unbekannt waren. Besonders Knochen, die nicht paarig sind, wie Wirbel, Kreuzbein, Brustbein, Zungenbein, Kehlkopf, Luftröhre, Kehldeckel, Schädelknochen, Kinnbacken, Zähne, Gehörknöchelchen, Nasenbein, Tränenbein, Gaumenbein, Pflugscharbein, Siebbein, Keilbein, Schläfenbein, Hinterhauptbein, Scheitelbein, Stirnbein, Oberkiefer, Unterkiefer, Joch

Fig. 1. Bronzene Thürklopfer an der Kirche zu Hildesheim. Nach einer Photographie von Wilhelm Hauenschild in Hildesheim.

Fig. 2. Bronzene Thürklopfer an der Kirche zu Hildesheim. Nach einer Photographie von Wilhelm Hauenschild in Hildesheim.

Die spätgothische Glasmalerei und ihre Wiederbelebung.

Die Glasmalerei ist eine Kunst, welche sich nur in Zeiten hoher Blüthe der Baukunst entwickelt hat, und ihre Geschichte ist daher mit der Geschichte der Architektur innig verbunden. Ihre Blüthezeit fällt in das Mittelalter, und ihre Entwickelung ist in den verschiedenen Ländern Europas eine verschiedene gewesen. Während in Italien, wo die Baukunst sich nur selten zu einer selbstständigen Entwickelung aufschwang, auch die Glasmalerei nur eine untergeordnete Rolle spielte, hat sie in Deutschland, Frankreich und England eine hervorragende Bedeutung gehabt. Ihre Blüthezeit fällt in Deutschland in das 13. und 14. Jahrhundert, in Frankreich in das 12. und 13., in England in das 14. und 15. Jahrhundert. Ihre Entwickelung ist in diesen Ländern eine ganz verschiedene gewesen. Während in Deutschland und Frankreich die Glasmalerei sich in der Hauptsache auf die Fenster beschränkte, hat sie in England auch die Wände und Decken mit Glasmalereien bedeckt. Während in Deutschland und Frankreich die Glasmalerei sich in der Hauptsache auf die Fenster beschränkte, hat sie in England auch die Wände und Decken mit Glasmalereien bedeckt.

Fig. 3. Thürklopfer.

Blüte mit nicht 2000 oder 3000 oder Zahlen wie sie Prunus besitzt, vorhanden sind. Die Zahlen sind nicht konstant, sondern variieren innerhalb gewisser Grenzen. Die Zahlen sind nicht konstant, sondern variieren innerhalb gewisser Grenzen. Die Zahlen sind nicht konstant, sondern variieren innerhalb gewisser Grenzen. Die Zahlen sind nicht konstant, sondern variieren innerhalb gewisser Grenzen.

Abb. 28. Blütenentwicklung von Prunus. Nach Eichler.

Blütenentwicklung. Eine Blüte kann sich aus einer Knospe entwickeln, die nicht in der Achsel eines Blattes steht. Solche Blüten nennt man **Endblüten**. Sie stehen am Ende eines Sprosses. Die Zahlen sind nicht konstant, sondern variieren innerhalb gewisser Grenzen. Die Zahlen sind nicht konstant, sondern variieren innerhalb gewisser Grenzen. Die Zahlen sind nicht konstant, sondern variieren innerhalb gewisser Grenzen. Die Zahlen sind nicht konstant, sondern variieren innerhalb gewisser Grenzen.

Blütenstände. Blüten. Nach Eichler. Blütenstände sind Sprosse, die Blüten tragen. Sie können verschieden gestaltet sein. Die Zahlen sind nicht konstant, sondern variieren innerhalb gewisser Grenzen. Die Zahlen sind nicht konstant, sondern variieren innerhalb gewisser Grenzen. Die Zahlen sind nicht konstant, sondern variieren innerhalb gewisser Grenzen. Die Zahlen sind nicht konstant, sondern variieren innerhalb gewisser Grenzen.

Digitized by Google

Goldamalgam, das bereits von verschiedenen römischen Schriftstellern (Vitruvius VII 8, 4; Isidorus Origg. 19, 2; Plinius XXXIII, 64) genau so beschrieben wird, wie man es heute noch ausübt; das schon in vorgeschichtlicher Zeit bekannte Verzinnen, das durch Eintauchen in geschmolzenes Zinn bewirkt wurde, und das z. B. die Gallier so vortrefflich auszuüben verstanden, daß man die verzinnten Gegenstände von silbernen nicht unterscheiden konnte. Die Ägypter tauchten die aus dem Guß kommenden und noch nicht abgekühlten Bronzen in geschmolzene Harze, wodurch sie auf der Oberfläche entsprechend abgetönt wurden. Ebenso kannten die Ägypter bereits das Schwarzfärben des Silbers, die Herstellung des „Niello", das sie nach Plinius (XXXIII 46) dadurch erzielten, daß sie gleiche Teile Silber, Kupfer und

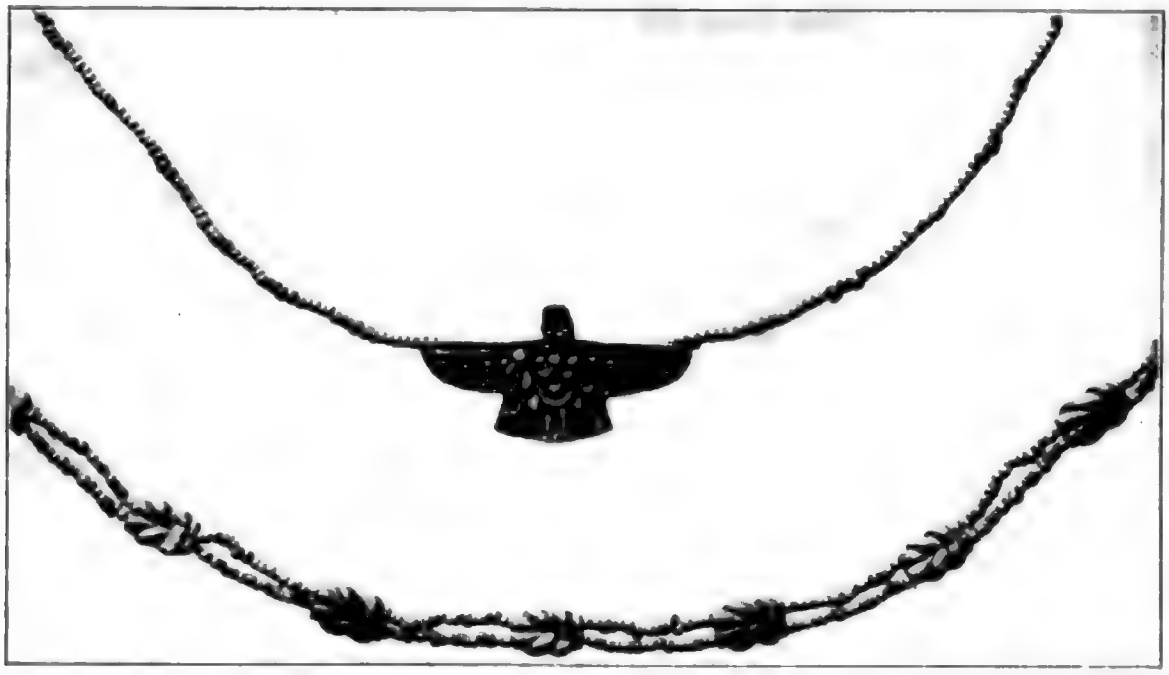


Abb. 92. Ägyptische Emailarbeit (oben).
An der Kette hängt ein Seelenvogel aus Gold mit Menschenkopf. Die Emaileinlagen der Federn und des Kopfes (hellblau und schwarz, teilweise herausgefallen) befinden sich in Zellen (sog. Zellenemail). Flügelbreite 4,3 cm. Unten: Kette aus zwei Schnüren kleiner Perlen aus Gold, Lapislazuli und Carneol bestehend, die durch 27 Knoten aus Gold, Lapislazuli, Carneol, Feldspat und glasiertem Ton zusammengehalten werden.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

überschüssigen Schwefel zusammenschmolzen. Man kennt mehrfach derartige mit Niello versehene ägyptische Gegenstände, so z. B. eine in Ungarn gefundene Vase, ferner eine in Korinth befindliche große ägyptische aufs feinste niellierte Silberplatte, eine Fibel im k. k. Münz- und Antiquitätenkabinett zu Wien, die zierlich in das Gold eingegrabene Ornamente zeigt, die mit einer nielloartigen Masse ausgefüllt sind usw. usw.

Das ägyptische Niello, dessen Alter z. T. auf 3000 Jahre geschätzt wird, enthält kompakte Schichten, die selbst teilweise wieder mit Einlagen versehen sind, beim römischen Niello hingegen handelt es sich meist nur um dünne Schichten. Es scheint, daß das älteste ägyptische Niello ausschließlich auf Gold gearbeitet ist, und daß man erst später Niello auf Silber herstellte.

Bei den Römern wird das Niello durch Zusammenschmelzen von Silber, Kupfer und Blei mit Schwefel erhalten. Die nach dem Erkalten fein gestoßene, durch die entstandenen Sulfide schwarz gefärbte Masse wird, mit Borax vermischt, über

Digitized by Google

allgemeine Ansicht, auf der unsere Infanteristen zwischen 1914 und 1918 ausgesehen haben. Der Stahlhelm, der Tornister, das Gewehr, die Patronentasche, das Seitengewehr, kurz alles, was unsere Infanteristen damals getragen haben, ist auf dieser Abbildung zu sehen.

Interner Schießen von Maschinengewehren.

Angenommen, ein modernes Infanterieregiment besitzt drei Maschinengewehrkompanien. Jede dieser Kompanien hat sechs Maschinengewehre. Wie sind diese sechs Waffen auf die drei Züge der Kompanie zu verteilen? Diese Frage

Abb. 37. Das Maschinengewehr und seine Bedienung.
Rechts: Das Maschinengewehr in Feuerstellung. Links: Die Bedienungsmannschaft mit Munitionsgerät.

ist deshalb von Bedeutung, weil sie mit der Gefechtsart der Maschinengewehrkompanie in engem Zusammenhang steht. Es gibt zwei Möglichkeiten, die Waffen zu verteilen. Die eine Möglichkeit besteht in folgendem: Jeder Zug erhält zwei Maschinengewehre. Diese Waffen werden dann in der Nähe des Zugführers aufgestellt. Sie bleiben also immer beisammen. Diese Art der Verteilung hat den Vorteil, daß der Zugführer seine Waffen immer bei sich hat. Er kann sie also leicht führen. Der Nachteil dieser Verteilung ist aber, daß die Maschinengewehre nicht immer ihre Wirkung voll ausnutzen können. Wenn sie nämlich in Stellungen kommen, in denen sie nicht gut schießen können, dann sind sie eben nicht zu gebrauchen. Sie können dann nicht einmal von anderen Waffen unterstützt werden, weil diese ja ihre eigenen Maschinengewehre haben. Diese Art der Verteilung hat also den Nachteil, daß die Maschinengewehre nicht immer ihre Wirkung voll ausnutzen können.

Alphabet, das heute nur noch geringfügig differenziert, besonders durch Akzente, Spiritus und Iota subscriptum, gebraucht wird. Die Schreibrichtung ist meist von links nach rechts, selten boustrophedon.

Abb. 10. Kopie einer Inschrift aus Gortyn (Kreta) in archaischer Schrift.

Die Schrift der Römer ist eine Weiterentwicklung der griechischen Schrift. Sie ist ebenfalls eine Buchstabenschrift, die Schreibrichtung ist von links nach rechts. Die Römer kannten nur Majuskeln, die Kleinbuchstaben sind eine Entwicklung des Mittelalters. Die Römer schrieben ohne Worttrennung, Satzzeichen und Akzente. Die Buchstaben sind meist gleichmäßig hoch, nur selten ragen einzelne Buchstaben über die Zeilenhöhe hinaus. Die Buchstaben sind meist gleichmäßig breit, nur selten sind einzelne Buchstaben schmaler oder breiter. Die Buchstaben sind meist gleichmäßig dick, nur selten sind einzelne Buchstaben dicker oder dünner. Die Buchstaben sind meist gleichmäßig hoch, nur selten ragen einzelne Buchstaben über die Zeilenhöhe hinaus. Die Buchstaben sind meist gleichmäßig breit, nur selten sind einzelne Buchstaben schmaler oder breiter. Die Buchstaben sind meist gleichmäßig dick, nur selten sind einzelne Buchstaben dicker oder dünner.

Abb. 11. Kopie einer Inschrift aus Gortyn (Kreta) in archaischer Schrift.

Abb. 12. Kopie einer Inschrift aus Gortyn (Kreta) in archaischer Schrift.

Digitized by Google

Abb. 1. Entwicklung des Kindes. Nach Photographien von Dr. Heinrich Hoffmann, München. Aus dem Verlag Heinrich Hoffmann, Berlin.

und Kopfes bedeuten. Die Proportionen des Körpers ändern sich in den ersten Jahren ganz erheblich. Beim Neugeborenen ist der Kopf noch ein Viertel der Körperlänge, beim Erwachsenen nur ein Achtel. Der Kopf wächst also nicht so stark wie der Körper. Das Gehirn ist beim Neugeborenen noch sehr klein, es hat nur ein Gewicht von 350 g, beim Erwachsenen aber 1400 g. Das Gehirn wächst also sehr stark. Es ist bei der Geburt noch nicht ausgebildet, sondern es entwickelt sich erst nach der Geburt. Die Windungen, die wir beim Erwachsenen finden, sind beim Neugeborenen noch nicht vorhanden. Auch die Nervenfasern, die die Verbindung zwischen Gehirn und Rückenmark herstellen, sind noch nicht ausgebildet. Sie entwickeln sich erst nach der Geburt. Das Kind kann also noch nicht willkürlich seine Bewegungen ausführen. Es kann noch nicht sprechen, weil das Gehirn noch nicht ausgebildet ist. Es kann auch noch nicht laufen, weil die Nervenfasern, die die Verbindung zwischen Gehirn und Rückenmark herstellen, noch nicht ausgebildet sind. Das Kind kann auch noch nicht sehen, weil die Nervenfasern, die die Verbindung zwischen Auge und Gehirn herstellen, noch nicht ausgebildet sind. Das Kind kann auch noch nicht hören, weil die Nervenfasern, die die Verbindung zwischen Ohr und Gehirn herstellen, noch nicht ausgebildet sind. Das Kind kann auch noch nicht riechen, weil die Nervenfasern, die die Verbindung zwischen Nase und Gehirn herstellen, noch nicht ausgebildet sind. Das Kind kann auch noch nicht schmecken, weil die Nervenfasern, die die Verbindung zwischen Zunge und Gehirn herstellen, noch nicht ausgebildet sind. Das Kind kann auch noch nicht fühlen, weil die Nervenfasern, die die Verbindung zwischen Haut und Gehirn herstellen, noch nicht ausgebildet sind. Das Kind kann auch noch nicht denken, weil die Nervenfasern, die die Verbindung zwischen Gehirn und Gehirn herstellen, noch nicht ausgebildet sind. Das Kind kann auch noch nicht fühlen, weil die Nervenfasern, die die Verbindung zwischen Haut und Gehirn herstellen, noch nicht ausgebildet sind. Das Kind kann auch noch nicht denken, weil die Nervenfasern, die die Verbindung zwischen Gehirn und Gehirn herstellen, noch nicht ausgebildet sind.

Schicht von Gold oder Silber, das darauf leicht haftete, oder aber man spaltete das Metall, insbesondere das Eisen, bis zu einer gewissen Tiefe auf. Dann wurde anderes Metall in die so entstandene Öffnung eingelegt und das Ganze wieder — wahrscheinlich kalt — mit dem Schmiedehammer bearbeitet.

Literatur zum Abschnitt: „Die Bearbeitung der Metalle".

Beck, Die Geschichte des Eisens. 1. Band. Braunschweig 1891.

— Urkundliches zur Geschichte der Eisengießerei. Jahrb. d. Vereins deutscher Ingenieure. Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Band II.

Beckmann, Beiträge zur Geschichte der Erfindungen. Leipzig 1783—1805.

Bergner, Natürliche und künstliche Schleifmittel. Gießerei-Zeitung 1914, Nr. 4, S. 113.

Berthelot, Archéologie et histoire des sciences. Paris 1906.

— Die Chemie im Altertum und Mittelalter. Leipzig und Wien 1909.

— Quelques métaux trouvés dans les fouilles archéologiques en Égypte. Comptes rendus 1905, S. 183.

Blümner, Technische Probleme aus Kunst und Handwerk der Alten. Berlin 1877.

— Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Leipzig 1887, 4. Band.

Blr. H., Homer und die Wirklichkeit. Eine Entgegnung. Neue Züricher Zeitung 1915. 2. September.

Brøndstedt, Die Bronzen von Siris. Kopenhagen 1837.

Bucher, Geschichte der technischen Künste. Stuttgart 1875—93.

Buchner, Die Metallfärbung und deren Ausführung. Berlin 1910.

— Metallfärbungen an Legierungen. Elektrochemische Zeitschrift 1910, S. 207.

Clarac, Musée de sculpture antique et moderne. Paris 1841.

v. Cohausen, Römischer Schmelzschmuck. Wiesbaden 1873.

Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.

Darenberg et Saglio, Dictionnaire des Antiquités grecques et romaines. Paris 1874—1917.

Diels, Antike Chemie in: Diels, Antike Technik. Leipzig und Berlin 1920.

Donner v. Richter, Die Heddernheimer Helme, die etruskischen und der griechische Helm des Frankfurter Museums. Mitteilungen über römische Funde in Heddernheim. Heft I. Frankfurt a. M. 1894.

Frey, Homer und die Wirklichkeit. Neue Züricher Zeitung 1915, 18. August.

Führer durch die Skulpturen- und Antikensammlung des Museums Wallraf-Richartz der Stadt Köln. Köln 1911.

— kurzer, durch das Provinzialmuseum in Trier. 1911.

Furtwängler, Bronzefunde aus Olympia. Abhandlungen der Berl. Akademie 1879.

Grünwald, Beiträge zu der Geschichte des Emails und der modernen Emaillier-technik. Archiv f. Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 1909, S. 124.

Halke, Handwörterbuch der Münzkunde. Berlin 1909.

Hanemann, Metallographische Untersuchungen einiger altkeltischer und antiker Eisenfunde. Internationale Zeitschrift für Metallographie 1913, S. 248.

Head, Historia Nummorum. Oxford 1911.

Herodot, Geschichten, Buch 1, 92—94.

Jacobi, Das Römerkastell Saalburg. Homburg 1897.

Klein, Schwert des Tiberius. Mainz 1850.

Kossinna, Die deutsche Vorgeschichte. Würzburg 1914.

— Der germanische Goldreichtum in der Bronzezeit. Würzburg 1914.

Krause, Niello. Elektrochemische Zeitschr. 1912, S. 86 u. 116.

Lehnert, Illustrierte Geschichte des Kunstgewerbes. Berlin.

Lepsius, Die Metalle in den ägyptischen Inschriften. Berlin 1872.

v. Lippmann, Chemisches aus dem Papyrus Ebers. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1913.

— Die chemischen Kenntnisse des Plinius. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.

— Chemische Papyri des 3. Jahrhunderts. Chemiker-Zeitung 1913, S. 933.

Lord, Einiges vom Bronzeguß. Leipzig.
Mansch, Antike technische Probleme in Kunst und Handwerk. Welt d. Technik 1911, S. 142.
— Der Werdegang eines Bronzegusses. Welt der Technik 1904, S. 213.
— Die Anfänge der Bleikultur. Welt der Technik 1909, S. 322.
Maspero, Ägyptische Kunstgeschichte. Deutsche Ausgabe von Georg Steindorff. Leipzig 1889.
Mémoire publié par les membres de la mission archéologique au Caire 1881 bis 1884.
Miske, Die Bedeutung Velem St. Veits (Ungarn) als prähistorische Gußstätte mit Berücksichtigung der Antimonbronzefrage. Archiv für Anthropologie 1904, Band II, S. 124.
Mosso, Le armi più antiche di rame e di bronzo. Roma 1908.
Neumann, Chemie und Archäologie. Zeitschrift f. angewandte Chemie 1907, S. 2019.
Newberry, The life of Rhekmara. London 1900.
Perrot und Chipiez, Geschichte der Kunst im Altertum. Leipzig 1884.
Prisse d'Avennes, Histoire de l'Art égyptienne d'après les monuments. Paris 1879.
Quilling, Die antiken Münzen aus Heddernheim-Praunheim und Umgebung. Mitteilungen über römische Funde in Heddernheim. Heft III. Frankfurt a. M. 1900.
Rhousopoulos, Chemische Kenntnisse der alten Griechen. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.
— Noch ein kleiner Beitrag zum Thema über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik 1909, S. 287.
Rosellini, Monumenti civili dell' Egitto. Pisa 1832—1834.
Rosenberg, Marc, Geschichte der Goldschmiedekunst auf technischer Grundlage. Frankfurt a/M. 1908.
Sacken, Die antiken Bronzen des k. k. Münz- u. Antikenkabinetts in Wien. Wien 1871.
Schlieben, Die Hufeisen-Frage. Annalen des Vereins für Nassauische Altertumskunde und Geschichtsforschung. Wiesbaden 1888, Bd. XX, S. 334.
Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner. Leipzig 1881.
— Mykenae. Leipzig 1878.
— Troja. Leipzig 1884.
Schulze, Ernst, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland und das Limeskastell Saalburg. Gütersloh 1906.
Selch, Geschichte und Technik des Metallemails. Mitteilungen des Erzherzog-Rainer-Museums Brünn 1908, S. 17.
Steindorff, Grabfunde des mittleren Reichs aus den Königlichen Museen in Berlin. In: Mitteilungen aus der orientalischen Sammlung der Königlichen Museen zu Berlin 1896 und 1901.
— Die Blütezeit des Pharaonenreichs. Bielefeld 1900.
Stephanides, Eine Skizze aus der analytischen Chemie der Alten. Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1916, (Bd. XV), S. 85.
— *Συμβολαὶ εἰς τὴν ἱστορίαν τῶν φυσικῶν ἐπιστημῶν καὶ ἰδίως τῆς λυμείας.* Athen 1914.
Strunz, Über die Vorgeschichte und die Anfänge der Chemie. Leipzig u. Wien 1906.
Tacitus, Germania. v. Oberbreyer. 3. Aufl. Leipzig.
Theobald, Das Papier als Ersatz der Goldschlägerhaut. Welt der Technik 1911, S. 284.
— Die Herstellung des Blattmetalls in Altertum und Neuzeit. Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen. 1912, S. 91.
Vernier, La bijouterie et la joaillerie égyptienne. Cairo 1907.
Vogel, Prähistorische Verzinnung. Vortrag, gehalten auf der Naturforscherversammlung zu Cöln, September 1908.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.
Zenghelis, Das Metall der alten Prägestempel. Chemiker-Zeitung 1907, S. 1116.

Digitized by Google

Die Bearbeitung des Holzes.

Die Beſchaffung des Holzes; das Fällen der Bäume.

Das Holz gehört zu den älteſten Rohmaterialien, deren ſich die Technik des Altertums bediente: Es ſei nur daran erinnert, daß die Wohnſtätten und ihre Einzelteile, wie z. B. Säulen, meiſt aus Holz beſtanden, ehe man ſpäter an ihrer Stelle Steine verwendete. Das Holz nahm man zunächſt, wie man es eben gerade vorfand, d. h. aus der nächſten Nachbarſchaft. Soweit es ſich nicht von ſelbſt in Form angeſchwemmter Stämme, abgebrochener Äſte uſw. darbot, mußte man es durch Fällen von Bäumen beſchaffen. Hierzu verwendete man in den älteſten Zeiten vielleicht das Feuer, das man rings um den Stamm herum entzündete, bis er ſo weit verkohlt war, daß er umfiel, ſpäter aber beſondere Werkzeuge. Noch zu Homers Zeiten, etwa 850—800 v. Chr., benutzten die Griechen zum Fällen der Bäume und Abhauen der Äſte Steinärte, mit denen die Arbeit, wie Schliemann mit Recht betont, eine ſehr ſchwierige geweſen ſein muß. Noch ſchwieriger aber als das Fällen der Bäume iſt ſicherlich das Spalten geweſen, das gleichfalls mit Steinärten vorgenommen wurde. Die kleinen in Troja ausgegrabenen, oft nur wenige Zentimeter langen Sägen von Silex oder Chalcedon dienten wahrſcheinlich nur zum Zerſägen von Knochen, vielleicht jedoch auch zum Glätten der Oberfläche von Holz, das deshalb notwendig wurde, weil ein gerades Durchſpalten eines Baumes mit Steinärten ja doch nicht möglich war. Infolgedeſſen waren die Bretter auch ziemlich uneben. Die Ägypter hingegen bedienten ſich ſchon in früherer Zeit bronzener Werkzeuge zum Fällen von Bäumen, und zwar gebrauchten ſie ſowohl Äxte wie auch Stichſägen, die aber bei der Arbeit des Fällens wohl nur als untergeordnete Hilfsmittel zur Anwendung kamen. Hingegen ſpielte die ziemlich lange Stichſäge beim Zerteilen des gefällten Stammes in einzelne Bretter eine wichtige Rolle. Man gewann dieſe im alten Ägypten auf folgende Weiſe: Ein Pfahl wurde ſenkrecht in die Erde geſchlagen. An dieſen band man den zu zerſägenden Baumſtamm — und zwar gleichfalls in ſenkrechter Stellung — an. Hierauf wurde mit der Stichſäge von oben her ſo weit eingeſägt, daß man Stricke feſtbinden konnte, die das Zuſammenklaffen und damit das Einklemmen der Säge verhindern ſollten (Abb. 104 S. 74). Die meiſt gebrauchte Stichſäge

Abb. 97.
Aſſyriſche Holzarbeiter.
Die Ausrüſtung mit Baumſäge, Beilen und Stützſtangen (die Layard als „Schaufeln" anſpricht), läßt darauf ſchließen, daß ſie zum Fällen von Bäumen auszieben. (Die Form der „Schaufeln" erſcheint ungewöhnlich; man könnte ſich ihre Verwendung höchſtens als zum Ausgraben von Wurzelwerk dienend denken. Wahrſcheinlicher dürfte es ſich um Stützſtangen handeln, die wechſelweiſe unter den ſich neigenden Baum geſtemmt wurden, um ihn allmählich und ohne daß er andere Bäume beſchädigte, zur Erde zu bringen. Flachrelief in Kujundſchik.

war nämlich nicht wie unſere heutigen Sägen „geſchränkt", d. h. ihre Zähne waren nicht abwechſelnd bald nach der einen, bald nach der anderen Richtung nach außen gebogen, wodurch das Steckenbleiben und Einklemmen des Sägeblatts verhütet wird. Bei der nicht geſchränkten Zahnung bildete die Verwendung von Stricken, mit denen man den Baumſtamm unter Umſtänden auch auseinanderziehen konnte, ein gutes Hilfsmittel. Wurden die einzelnen ab-

Abb. 98. Römiſche Doppelaxt.
Mit dreiteiligem Futteral aus Bronze, die Seitenteile (ſ. a. Abb. 100 u. 101) aufklappbar. Haken dienen zum Befeſtigen der Binderiemen.

Abb. 99. Römiſches Axtfutteral.

Abb. 102. Teil eines römiſchen Axtfutterals.

zuſägenden Teile locker, wodurch das Sägen erſchwert wurde, ſo band man ſie gleichfalls mit Stricken feſt, bis der Stamm vollſtändig zerſägt war. Den Hobel kannten die alten Ägypter nicht, an ſeiner Stelle wurde eine Art von Spaten verwendet, mit dem man die Oberfläche des Holzes glättete. Es ſei noch erwähnt, daß die von den Ägyptern zum Fällen des Holzes verwendeten Äxte kein Loch zum Befeſtigen des Stieles beſaßen: ſie wurden mit Lederriemen daran angebunden.

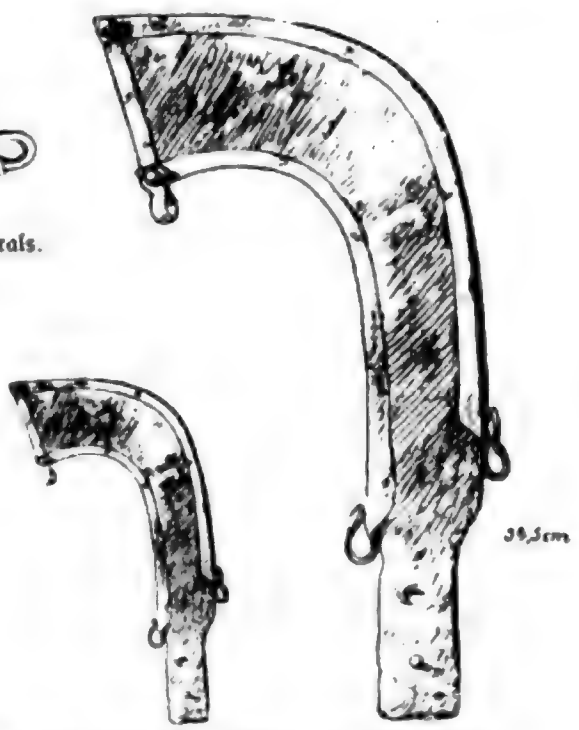


Abb. 100 u. 101. Römiſches Beilmeſſer.
Mit ſtarkem Rücken und zwei Schneiden (eine lange gegenüber dem Rücken, eine kürzere am vorderen Ende), ſo daß es ſowohl als Hackmeſſer wie als leichtes Beil dienen konnte. Das Meſſer beſitzt ein dreiteiliges Futteral aus Bronze, das ſich eng anlegt. Die beiden langen Teile ſind durch Stifte mit dem dritten, die kurze Schneide ſchützenden verbunden und laſſen ſich aufklappen. Haken dienen zum Befeſtigen der Binderiemen. Die (nicht vorhandenen) Griffe waren, wie Nietlöcher und -ſtifte erkennen laſſen, aufgenietet. Die in Abb. 98—102 dargeſtellten Gegenſtände ſind im Rhein an der Bleiaue bei Mainz gefunden.
Muſeum Mainz.

Die Römer fällten die Bäume in ähnlicher Weiſe wie wir, indem ſie den Stamm mit Äxten ſo weit einkerbten, daß er dann durch Ziehen an angebundenen Stricken zu Fall gebracht werden konnte. Der Holzfäller von heute ſichert ſich vielfach gegen zufällige Verletzungen dadurch, daß er die Schneide ſeines Handwerkszeugs mit Schutzvorrichtungen aus Holz umgibt, die zugleich auch eine Schonung dieſer Schneide bewirken ſollen. Ähnliche Vorrichtungen kannten auch die Römer. Eine aus dem Rhein

gehobene Doppelaxt von Eisen zeigt an der breiten Schneide ein Futteral aus Bronze, das aus drei Teilen besteht, von denen sich die beiden kurzen Seitenteile aufklappen lassen. Sie tragen an ihren Enden Haken, in denen jedenfalls Riemen befestigt waren, die um die Axtklinge geschnürt wurden, um das Futteral in seiner Lage festzuhalten. Die Spuren dieser Riemen sind auf der Klinge noch deutlich erkennbar. Außerdem hat man auch noch einzelne Teile derartiger Axtfutterale gefunden. Die mit einem Loche zum Durchstecken des Stieles versehene Axt dürfte ihrer Form nach zum Fällen von Bäumen gedient haben, ebenso ein zweites mit einer ähnlichen Schutzvorrichtung versehenes Instrument, ein Beilmesser, das wahrscheinlich zum Zuspitzen von Pfählen, die in die Erde gerammt werden sollten, zur Herstellung von Faschinen usw. usw. Verwendung fand. An der kurzen dicken Griffangel sind noch kräftige Nietstifte erhalten, mit denen der starke Griff befestigt war. (Abb. 100—101.) Diese Äxte, Beilmesser usw. usw. waren sehr leistungsfähig. Im Taunus z. B., wo zur Römerzeit das weichere Tannenholz ganz fehlte, mußten starke Eichen gefällt werden, die man dann mit dem Schlichtbeile zu Balken von nicht weniger als 14 m Länge zuhaute, wie solche zur Befestigung des Mainufers bei Stockstadt Verwendung fanden. Sehr richtig hatte man schon zu Zeiten des Theophrast (390 bis um 300 v. Chr.) bei den Griechen erkannt, daß es durchaus nicht gleichgültig ist, um welche Jahreszeit man die Bäume fällt. Dieser (V 1 ff.) gibt nämlich an, daß es am besten ist, Baumstämme, die nicht behauen, sondern nur geschält werden sollen, bei Vollsaftigkeit zu fällen, da sich dann die Rinde am besten entfernen läßt. Die zu behauenden Bäume hingegen fällt man am vorteilhaftesten erst, wenn die Früchte reif sind. Theophrast stellt als beste Fällungszeit für die einzelnen Holzarten die folgende Regel auf: Man fällt im Frühling die Weißtanne, die Kiefer und die Pinie; zu Beginn des Herbstes den Maulbeerbaum, die Ulme, den Ahorn, die Esche, die Buche und die Linde, zu Beginn des Winters aber die Eiche (Blümner II, 244 bis 245).

Die Holzarten.

Diese Aufstellung gibt uns zugleich einen Überblick über die bei den Griechen am meisten verwendeten Holzarten. Fügen wir hinzu, daß die Ägypter in erster Linie die wegen ihrer krummen Faserung schwer zu bearbeitende Akazie sowie die Sykomore, dann aber auch die Dattelpalme, die Dumpalme und einzelne aus Syrien bezogene Nadelhölzer sowie Ebenholz verwendeten, und daß hierzu außer den oben angeführten bei den Griechen und Römern noch der Ahorn, der Buchsbaum, die Erle, die Tanne, die Zeder, die Weide und eine Anzahl anderer, seltener verwendeten Hölzer kamen, so haben wir damit einen allgemeinen Überblick über die im Altertum verwendeten Holzarten. Von diesen wurden einzelne, wie z. B. das Ebenholz, hauptsächlich zu Luxusgegenständen verarbeitet, während andere, wie die Weide und der Holunder, zu Flechtwerk dienten. Die Zeder war ein geschätztes Baumaterial. Im übrigen aber befolgte man im allgemeinen den Grundsatz, daß man das Holz möglichst aus nächster Nähe bezog. So trifft man z. B. die im Süden so häufig als Baumaterial vorkommende Zeder in den nördlich der Alpen gelegenen römischen Provinzen nur selten noch als solches an. Sie ist hier Luxusholz.

Das Handwerkszeug und die Bearbeitung des Holzes.

Tischler und Zimmerleute benutzten schon bei den alten Ägyptern, und zwar bereits um das Jahr 3500 v. Chr., zur Verarbeitung des Holzes Äxte aus Bronze,

Digitized by Google

Neben dem gewöhnlichen Jagdbogen von Mesolithikum und Neolithikum, der, dessen Holzkern mit Sehnen umwickelt, eine Länge von 1,50 m bis 1,80 m hatte, gab es auch kleinere Bogen, die nur 1 m lang waren. Sie wurden vor allem von Reitern benutzt, da sie sich leichter handhaben ließen.

Bogenschützen aus Ägypten, 18. Dynastie (1580–1350 v. Chr.). Die Bogen sind mit Sehnen umwickelt und haben eine Länge von 1,50 m bis 1,80 m. Die Pfeile sind mit Steinspitzen versehen und haben Federn als Leitwerk. Die Bogenschützen tragen Köcher, die sie auf dem Rücken befestigt haben.

Die Bogen der Ägypter, Assyrer, Babylonier und Perser waren 1,50 m bis 1,80 m lang und bestanden aus Holz, das mit Sehnen umwickelt war. Die Pfeile hatten Steinspitzen und Federn als Leitwerk. Die Bogenschützen trugen Köcher, die sie auf dem Rücken befestigt hatten.

Assyrischer Bogenschütze, 8. Jahrhundert v. Chr. Der Bogen ist mit Sehnen umwickelt und hat eine Länge von 1,50 m bis 1,80 m. Die Pfeile sind mit Steinspitzen versehen und haben Federn als Leitwerk. Der Bogenschütze trägt einen Köcher, den er auf dem Rücken befestigt hat.

Bogen und Pfeile der Griechen und Römer waren ähnlich. Auch sie bestanden aus Holz und waren mit Sehnen umwickelt. Sie hatten eine Länge von 1,50 m bis 1,80 m.

Griechischer Bogenschütze, 5. Jahrhundert v. Chr. Der Bogen ist mit Sehnen umwickelt und hat eine Länge von 1,50 m bis 1,80 m. Die Pfeile sind mit Steinspitzen versehen und haben Federn als Leitwerk. Der Bogenschütze trägt einen Köcher, den er auf dem Rücken befestigt hat.

Bogen und Pfeile der Germanen waren ähnlich. Auch sie bestanden aus Holz und waren mit Sehnen umwickelt. Sie hatten eine Länge von 1,50 m bis 1,80 m.

Germanischer Bogenschütze, 1. Jahrhundert n. Chr. Der Bogen ist mit Sehnen umwickelt und hat eine Länge von 1,50 m bis 1,80 m. Die Pfeile sind mit Steinspitzen versehen und haben Federn als Leitwerk. Der Bogenschütze trägt einen Köcher, den er auf dem Rücken befestigt hat.

Bell gestellt sind. Elektrische Lichter ermöglichen dem nur kurzen Aufenthalt gestattenden Besucher, auch in den dunkelsten Ecken die Gegenstände seiner Neugierde zu erkennen.

Elektrischer Kochapparat von Escher, Wyss & Cie. in Zürich.

Elektrischer Kochapparat von Escher, Wyss & Cie. in Zürich.

Ein Kochapparat, der sich durch seine Einfachheit auszeichnet, ist der von Escher, Wyss & Cie. in Zürich ausgestellte. Er besteht aus einem Kochtopf, der in einen Behälter mit Wasser gestellt wird. Dieses Wasser wird durch einen Heizkörper, der sich unten im Behälter befindet, erwärmt und kocht den Topf. Der Heizkörper ist mit einem Thermostaten versehen, der den Strom unterbricht, sobald das Wasser kocht, und ihn wieder schließt, wenn es sich abgekühlt hat. Der Apparat ist also selbstregulierend.

Elektrischer Kochapparat von Escher, Wyss & Cie. in Zürich.

Elektrischer Kochapparat von Escher, Wyss & Cie. in Zürich.

Ein anderer Kochapparat derselben Firma ist in der Figur dargestellt. Er besteht aus einem Kochtopf, der in einen Behälter mit Wasser gestellt wird. Dieses Wasser wird durch einen Heizkörper, der sich unten im Behälter befindet, erwärmt und kocht den Topf. Der Heizkörper ist mit einem Thermostaten versehen, der den Strom unterbricht, sobald das Wasser kocht, und ihn wieder schließt, wenn es sich abgekühlt hat. Der Apparat ist also selbstregulierend.

Digitized by Google

sehr verschiedenartiger Ausgestaltung auf, bei denen der Stiel in einem Loche sitzt, durch das er meist derart hindurchgesteckt ist, daß er nach oben wieder hervorragt. Der Meißel bleibt, wie er war. Die Säge wird ganz beträchtlich handlicher. Man spannt sie in einen gebogenen Handgriff, in dem sie in ähnlicher Weise sitzt wie die Sehne

Abb. 109. Arbeit mittels Handmeißels an einer hölzernen Herme. Bild auf einer athenischen Schale.
Antikenkabinett Kopenhagen.

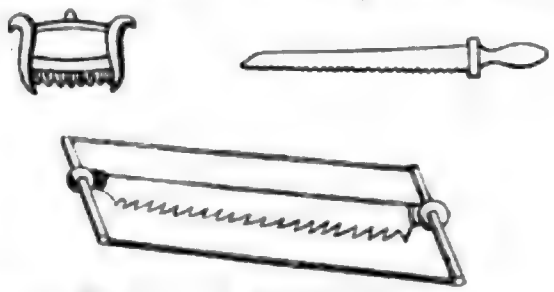


Abb. 110—112. Römische Sägen.
Fuchsschwanz, Schrotsäge oder Klob und Stichsäge.

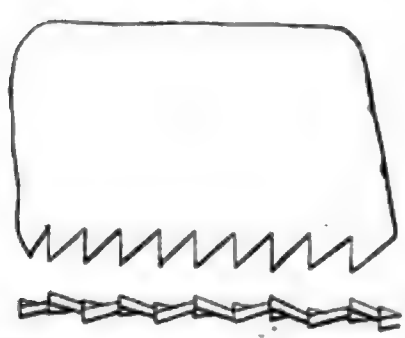


Abb. 113. Römische Säge mit geschränkten Zähnen.
Darunter die Schränkung der Zähne.
Museum Zürich.

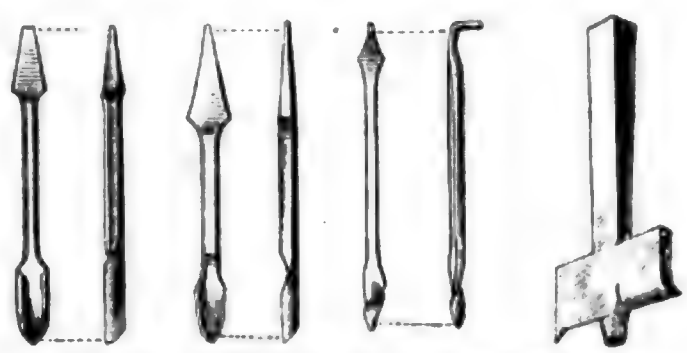


Abb. 114. Verschiedene Sorten römischer Bohrer.
Von links nach rechts: 2 zweischneidige Löffelbohrer in Vorder- und Seitenansicht; gewöhnlicher Bohrer in Vorder- und Seitenansicht; Zentrumsbohrer. — Museum Zürich.

Abb. 115. Römischer Hobel.
Mit schief gegen die Stoßrichtung stehendem Griff und Löchern, durch die die Späne herausfallen.
An einem Marmorgrabmal in Rastatt.

Abb. 116. Eroten als Tischler.
Links hölzerne Flügeltür, Sägebank aus einem auf zwei Böcken befestigten Brett bestehend, auf dem links ein Brett durchgesägt wird. (Rich gibt hier das Sägeblatt in der Mitte an [Schrotsäge]; Overbeck, Helbig, Blümner usw. unten. Das Original ist sehr verwischt. Rechts ein durch eine Art von Schraubzwinge befestigtes Brett. Darunter ein Kasten. An der Wand rechts auf einem Wandbrett ein Bohrer (?) (Blümner nimmt ein Gefäß oder eine Lampe an.) — Wandgemälde in Herculanum.

im Bogen. Dann aber spannt man sie auch in rechteckige Rahmen derart ein, daß sie, in der Mitte der beiden Schmalseiten befestigt, parallel zu den Längsseiten läuft. Das Sägeblatt liegt mit seiner Schneide entweder senkrecht zur Ebene des Rahmens oder parallel zu diesem. Endlich kommt auch die jetzige Säge auf, bei der das Sägeblatt durch einen Strick gespannt wird. Derartige Sägen gibt es von kleinen Handsägen angefangen bis zur großen Balkensäge. Eine altrömische Säge des Antiquariums in Zürich zeigt die Schränkung der Zähne. (Abb. 113.)

Digitized by Google

Auch bei den Griechen und Römern bleibt der Bohrer zunächſt ein Drillbohrer, eine Art, die ſchon Homer erwähnt (Odyſſee IX 384):

> . . . . . und ich, in die Höhe mich reckend,
> Drehete. Wie wenn ein Mann, den Bohrer lenkend, ein Schiffholz
> Bohrt; die Unteren ziehn an beiden Enden des Riemens,
> Wirbeln ihn hin und her . . . . . .

Beſondere Bedeutung erlangte der Bohrer, der in Form eines galliſchen Bohrers als Löffelbohrer Verwendung findet, und zwar in Form eines zweiſchneidigen

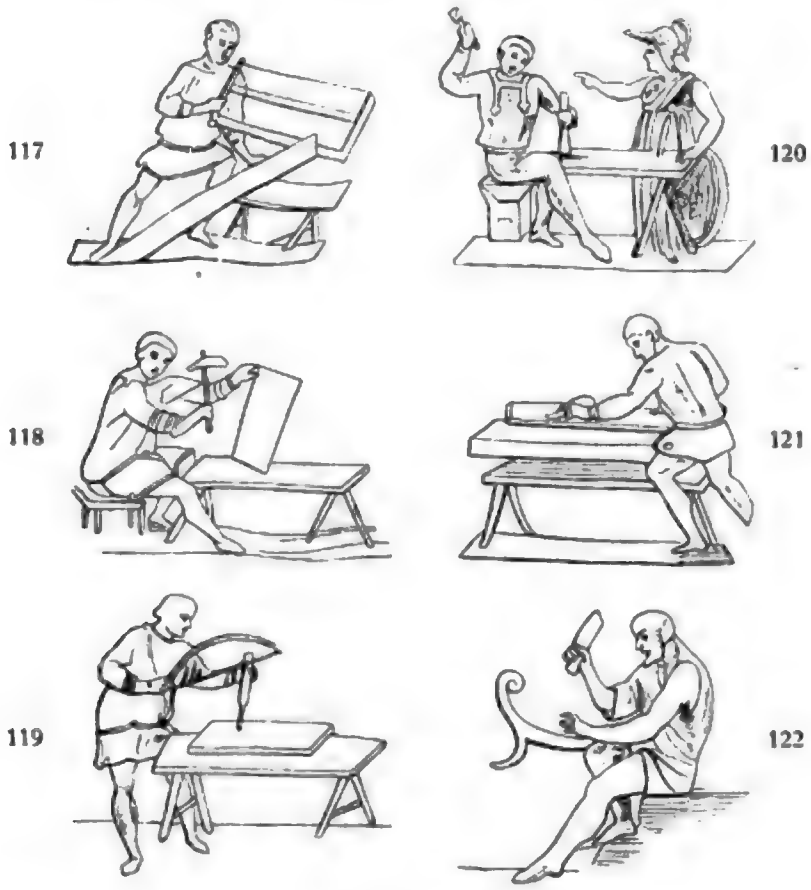


Abb. 117—122. Tiſchlerarbeiten.

Abb. 117. Durchſägen eines Brettes, das in üblicher Weiſe ſchief gegen eine Bank geſtellt wurde. Beim Durchſägen langer Bretter ſtellte ſich ein zweiter die Säge führender Arbeiter auf das Brett, das außer durch die Bank noch durch einen dagegengeſtellten Holzſtamm geſtützt wurde. — Abb. 118. Glätten eines Brettes mit dem Glättbeil (oder Spalten, was Blümner gleichfalls für möglich hält). — Abb. 119. Bohren eines Loches mit dem Drillbohrer. — Abb. 120. Auskehlen eines Brettes mit Meißel und Schlägel (Blümner nimmt Spalten an, was ſich aber auf dieſe Weiſe kaum durchführen läßt). — Abb. 121. Hobeln mittels Langhobels. — Abb. 122. Zurichten eines wahrſcheinlich zu ſchnitzenden oder ſonſt feiner zu bearbeitenden Stückes mit dem Beilmeſſer (Blümner nimmt Nacharbeiten mit Schnitzmeſſer an, wogegen aber die Form des Meſſers und die Armbewegung zu ſprechen ſcheint, die auf roheres Zuhauen, alſo auf „Zurichten" deuten dürfte). Gemalter Boden eines Glasgefäßes aus den Katakomben (Vatikaniſche Bibliothek).

Löffelbohrers, ſo daß ein Schneiden ſowohl in dem einen als auch in dem anderen Drehſinne ſtattfindet. Da die Bohrer damals entweder mit Hilfe von Griffen durch die Hand oder durch Drillen mit der Schnur bewegt wurden, ſo war es in beiden Fällen weit bequemer, den Sinn der Drehung wechſeln zu laſſen, als ihn beizubehalten. In Zürich befindet ſich auch ein aus römiſcher Zeit ſtammender Zentrumsbohrer.

Digitized by Google

Die Kranke wurde sofort in einen tiefen Schlaf versetzt, aus dem sie erst nach 45 Minuten erwachte. Sie hatte während der Operation keine Schmerzen empfunden und wußte nichts von ihr. Sie war sehr erstaunt, als sie hörte, daß sie operiert worden sei. Sie hatte geglaubt, sie habe nur geschlafen.

Wenige Tage später wurde Long gebeten, einen Knaben zu operieren, der sich beim Spielen eine Fingerverletzung zugezogen hatte. Auch diesmal verwandte Long Äther, und auch diesmal verlief die Narkose ohne Zwischenfall.

Fig. 36. Crawford Williamson Long.

Die Entstehung und Verarbeitung des Leders.

Die Gerberei.

Rohe tierische Häute verfaulen leicht. Die sogenannten Felle, Häute mit Haaren, sind in ihrem Rohzustande für die Verarbeitung zu Leder ungeeignet. Sie müssen erst durch Gerbung haltbar gemacht werden. Die Gerberei ist eine der ältesten Kulturarbeiten. Sie entstand, als der Mensch anfing, Tierfelle zu verarbeiten. Die Gerberei ist ein Handwerk, das sich bis heute fast unverändert erhalten hat.

Abb. 1. Gerber bei der Arbeit. Er spannt das Fell über ein Holzgestell und schabt mit einem Messer die Haare ab.

Die Gerberei ist ein Handwerk, das sich bis heute fast unverändert erhalten hat. Die Gerber arbeiten in Gerberwerkstätten, die meist in der Nähe von Flüssen oder Bächen liegen. Sie brauchen viel Wasser zum Waschen und Spülen der Felle. Die Gerberwerkstätten sind daher oft an Flüssen oder Bächen gelegen. Sie brauchen viel Wasser zum Waschen und Spülen der Felle. Die Gerberwerkstätten sind daher oft an Flüssen oder Bächen gelegen.

Max Reinhardt, der die Inszenierung auch für Massenszenen gewohnt ist, hat sich in seinem Film „Eine Nacht im Paradies" (Deutsche Bioscop) mit einer Szene begnügt, die nur wenige Personen zeigt. Aber diese Szene ist

Max Reinhardt, Eine Nacht im Paradies (Deutsche Bioscop)

von einer Pracht der Ausstattung, daß man sich kaum vorstellen kann, daß sie nur für einen Film geschaffen wurde. Es ist ein Saal, der an Größe und Ausmaßen alles übertrifft, was man bisher im Film gesehen hat. Die Wände sind mit Spiegeln bedeckt, die Decke ist mit Kristallen behangen, und die Säulen, die den Saal stützen, sind mit Spiegeln und Kristallen verziert. Die Szene, die in diesem Saal spielt, ist ein Ball, der in einem Palast gegeben wird. Die Gäste sind in Gruppen um Tische gesetzt, und in der Mitte des Saales ist ein Platz für Tänze freigelassen. Die Gäste sind in Gesellschaftskleidung, und die Damen tragen Abendkleider. Die Szene ist sehr lebendig, und es ist ein Vergnügen, sie zu betrachten.

Max Reinhardt, Eine Nacht im Paradies (Deutsche Bioscop)

Die Verschwendung von Spiegeln und Kristallen ist in dieser Szene sehr groß. Es ist ein Saal, der an Größe und Ausmaßen alles übertrifft, was man bisher im Film gesehen hat. Die Wände sind mit Spiegeln bedeckt, die Decke ist mit Kristallen behangen, und die Säulen, die den Saal stützen, sind mit Spiegeln und Kristallen verziert. Die Szene, die in diesem Saal spielt, ist ein Ball, der in einem Palast gegeben wird. Die Gäste sind in Gruppen um Tische gesetzt, und in der Mitte des Saales ist ein Platz für Tänze freigelassen. Die Gäste sind in Gesellschaftskleidung, und die Damen tragen Abendkleider. Die Szene ist sehr lebendig, und es ist ein Vergnügen, sie zu betrachten.

Max Reinhardt, Eine Nacht im Paradies (Deutsche Bioscop)

Die Verschwendung von Spiegeln und Kristallen ist in dieser Szene sehr groß. Es ist ein Saal, der an Größe und Ausmaßen alles übertrifft, was man bisher im Film gesehen hat. Die Wände sind mit Spiegeln bedeckt, die Decke ist mit Kristallen behangen, und die Säulen, die den Saal stützen, sind mit Spiegeln und Kristallen verziert. Die Szene, die in diesem Saal spielt, ist ein Ball, der in einem Palast gegeben wird. Die Gäste sind in Gruppen um Tische gesetzt, und in der Mitte des Saales ist ein Platz für Tänze freigelassen. Die Gäste sind in Gesellschaftskleidung, und die Damen tragen Abendkleider. Die Szene ist sehr lebendig, und es ist ein Vergnügen, sie zu betrachten.

Abb. 1 und 2. Die Entdeckung des Feuers durch Reibung. Nach Zeichnungen von Hans Baluschek, Berlin

Abb. 3. Die Entdeckung des Feuers durch Reibung. Nach Zeichnungen von Hans Baluschek, Berlin

Abb. 4. Die Entdeckung des Feuers durch Reibung. Nach Zeichnungen von Hans Baluschek, Berlin

Die Entdeckung des Feuers durch Reibung. Nach Zeichnungen von Hans Baluschek, Berlin

Abb. 5. Die Entdeckung des Feuers durch Reibung. Nach Zeichnungen von Hans Baluschek, Berlin

Abb. 6. Die Entdeckung des Feuers durch Reibung. Nach Zeichnungen von Hans Baluschek, Berlin

Abb. 7. Die Entdeckung des Feuers durch Reibung. Nach Zeichnungen von Hans Baluschek, Berlin

Abb.

Bänderhut um 4. Jh. n. Chr. unter Verwendung der ursprünglich Kante an Kante gewebten Bänder (Moorfund Thorsberg, Schleswig-Holstein)

Abb. 30: Bänderhut, 4. Jh. n. Chr. (Moorfund Thorsberg, Schleswig-Holstein)
Bänder mit Runeninschrift (Runenbänder) und Bänder mit Runenimitation (Pseudorunenbänder)

Abb. 31: Runenbänder, 4. Jh. n. Chr. (Moorfund Thorsberg, Schleswig-Holstein)

Abb. 31: Runenbänder, 4. Jh. n. Chr. (Moorfund Thorsberg, Schleswig-Holstein)
Oben: Runenbänder mit Runeninschrift; unten: Pseudorunenbänder mit Runenimitation

We found the Kolmogorov-Smirnov Z-score for LCD-SS and Mahalanobis distance to be significantly correlated ($p < 0.01$). Figure 3.10 shows the Mahalanobis distance for the 10 cities in the Quality of Life Survey. Figure 3.11 shows the Mahalanobis distance for the 10 cities in the Quality of Life Survey. Figure 3.12 shows the Mahalanobis distance for the 10 cities in the Quality of Life Survey.

FIG. 3.9. Mahalanobis distance for the 10 cities in the Quality of Life Survey.

Copyright © 2010 Elsevier Inc. All rights reserved.

Literatur zu den Abschnitten: „Die Bearbeitung des Holzes" und „Die Herstellung und Verarbeitung des Leders".

Blümner, Technische Probleme aus Kunst und Handwerk der Alten. Berlin 1877.

— Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern, 1. Band. Leipzig und Berlin 1912; 2. Band, Leipzig 1879.

Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.

Dooley, Manual of Shoemaking. New York 1912.

Feis, Über den römischen Militärstiefel. Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften. Bd. XVI, Nr. 1, S. 19. Leipzig 1917.

Fiala, Beiträge zur römischen Archäologie der Herzegowina. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1897. Wien 1897.

Fischer, Beiträge zur Geschichte der Werkzeugmaschinen. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure. Band 4, S. 274.

Franziß, Bayern zur Römerzeit. Regensburg 1905.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.

Garstang, Excavations at Beni Hassan. Annales du service des Antiquités de l'Égypte, 5. Band, S. 215. Kairo 1904.

Jacobi, Führer durch das Römerkastell Saalburg. Homburg 1908.

Jaeck, Industrie und Gewerbe im Altertum. Prometheus 1898, S. 434.

Jahn, Römisches Handwerkzeug. Abhandlungen der Phil.-hist. Klasse der Sächsischen Gesellschaft d. Wissenschaften 1868. S. 275.

Kellner, Römische Baureste in Ilidze bei Sarajevo. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1897. Wien 1897.

Kobert, Beiträge zur Geschichte des Gerbens und der Adstringentien. Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 1916 (Bd. VII), S. 185 u. 255.

Kohnstein, Chemismus und Fortschritte in der Gerbereitechnik. Österreichische Chemiker-Zeitung 1911, 5, 54.

Layard, Ninive und Babylon. Leipzig.

Lewin-Dorsch, Die Technik der Urzeit. Leipzig 1912.

v. Lippmann, Die chemischen Kenntnisse des Dioskorides. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.

Marquardt-Mau, Das Privatleben der Römer. Leipzig 1886.

Medicus, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.

Neuweiler, Pflanzenreste aus der römischen Niederlassung Vindonissa. Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. Zürich 1908.

Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken. Leipzig 1884.

Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Chemnitz 1896.

Radimsky, Die vorgeschichtlichen und römischen Altertümer des Bezirkes Zpanjac in Bosnien. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1901. Wien 1901.

Riedenauer, Handwerk und Handwerker in den homerischen Zeiten. Erlangen 1873.

Römische Waffen und Werkzeuge mit Schutzvorrichtungen. Westdeutsche Zeitung für Geschichte und Kunst. Jahrgang 22, S. 427.

Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner. Leipzig 1881.

Schuhmacher, Verzeichnis der Abgüsse und wichtigeren Photographien mit Germanendarstellungen. Mainz 1912. Kataloge des römisch-germanischen Zentralmuseums Mainz.

Schulze, Ernst, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland und das Limeskastell Saalburg. Gütersloh 1906.

Ule, Römische Handwerkszeuge auf der Saalburg. Vortrag im Museum für Völkerkunde zu Berlin. Februar 1905.

Weule, Kulturelemente der Menschheit. Stuttgart 1912.

Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.

Der Adorfus.

Allgemeines.

Der Adorfus Rheumatic ist ein Präparat, das auf der Grundlage der Salicylsäure hergestellt ist und sich durch seine Reinheit und Wirksamkeit auszeichnet.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 1. Der Adorfus Rheumatic in Originalpackung.
Fig. 2. Der Adorfus Rheumatic in Originalpackung, geöffnet.

Der Adorfus Rheumatic ist ein weißes, kristallinisches Pulver, das sich in Wasser leicht löst. Es ist geruchlos und hat einen angenehmen, leicht säuerlichen Geschmack. Seine Lösungen sind farblos und neutral. Der Adorfus Rheumatic ist in Originalpackungen zu 100 Gramm (Fig. 1) und 500 Gramm (Fig. 2) erhältlich.

Fig. 3.

Fig. 3. Der Adorfus Rheumatic in Originalpackung, geöffnet.

Kopfe ist ein weiblicher, nackt, bis auf einen um Hüfte und Lenden fest geschlungenen Schurz, dargestellt. Die Arme sind in Ellbogen- und Handgelenken gebeugt und die Hände auf die Brust gelegt. Die Füsse sind nicht sichtbar, da die Figur bis zu den Knöcheln in die Erde eingegraben ist. Die Gesichtsbildung ist eine ausgesprochen mongolische.

Fig. 1. Thonfigur aus einem Grabe bei Kuan-ling.

Die Figur ist 0,30 m hoch, 0,10 m breit und 0,08 m dick. Sie ist aus einer feinen, gelblichen, mit Glimmer durchsetzten Thonmasse gebrannt und mit einer dünnen, weissen Kalkschicht überzogen, auf welcher noch Spuren von Farben, besonders von Roth, sichtbar sind.

Fig. 2 stellt eine männliche Figur dar, welche in ihrer Haltung und Bekleidung der vorigen ähnlich ist. Sie ist 0,30 m hoch, 0,10 m breit und 0,08 m dick. Die Farben sind noch deutlicher erhalten, als bei der vorigen Figur.

Fig. 2. Thonfigur aus einem Grabe bei Kuan-ling.

Fig. 3 stellt eine weibliche Figur dar, welche in ihrer Haltung und Bekleidung der vorigen ähnlich ist. Sie ist 0,30 m hoch, 0,10 m breit und 0,08 m dick. Die Farben sind noch deutlicher erhalten, als bei der vorigen Figur.

vor allen die Steineiche, die Kermeseiche, den Lorbeer und die Ulme. Vielfach stellt man die Pflugschar aus Metall her: dann nützt sie sich weniger ab, Steine vermögen sie nicht in dem Maße zu verletzen, wie dies beim Holze der Fall ist, und infolge des größeren Gewichtes und des schärferen Randes durchschneidet die bronzene oder eiserne Schar leichter den Boden.

Aber noch einen Fehler hat dieser Pflug: er läßt sich nur schwer lenken. Deshalb bringt man einen besonderen zum Lenken dienenden Handgriff, den „Sterz", an, aus dem, um beide Hände zur Führung des Pfluges verwenden zu können, allmählich zwei Sterze werden. Die Deichsel, der „Pflugbaum", wird verlängert, und schließlich entsteht zwischen ihm und dem Lenkgriffe, dem Sterz, noch eine besondere Verbindung, die „Griessäule", die die Handhabung erleichtert. In dieser Form des verbesserten Hackenpfluges tritt uns der Pflug bei vielen Völkern des Altertums, vor allem aber bei denen des Orients und bei einzelnen der Mittelmeerländer (Ägyptern und Etruskern) entgegen. Er wird auch von den Griechen und Römern da benutzt, wo reichliche Regenmengen einen lockeren Boden schaffen. Als besonders brauchbar erweist er sich aber überall da, wo, wie im Nildelta oder im Überschwemmungsgebiet des Euphrat, von den Flüssen ein weicher und deshalb leicht zu bearbeitender, von Steinen freier Schlamm abgesetzt wird.

Wo jedoch die Bearbeitung des Bodens höhere Anforderungen an die Wirksamkeit des Pfluges stellte, entwickelte sich auch der Pflug weiter. Insbesondere ist dies bei den Griechen und den Römern der Fall, wo neben dem eben beschriebenen einfachen Hackenpflug verbesserte Pflüge Anwendung finden. Man behält, insbesondere bei den Römern, den Pflugbaum (emo), die Sterze (stiva), ihren Handgriff (manicula) und die Griessäule (buris oder bura) bei, bringt jedoch, indem man die Schar schrägstellt, noch eine besondere Pflugsohle (dentale) an, durch die der Schar eine bessere Führung gegeben wird. Die Schar hatte zunächst die Form eines Keils und heißt als solche „vomer". Um ein Wenden der Scholle herbeizuführen, macht man sie einseitig, gibt ihr die Grundform eines rechtwinkligen Dreiecks und setzt ein einziges Streichbrett daran. Zuletzt krümmt man Pflugschar und Streichbrett zu einer Schraubenfläche, man erhält eine langgestreckte, gewölbte Schar (rectis rostratus), durch die die Scholle bei Anwendung einer viel geringeren Zugkraft gewendet wird. Da aber die Rasennarbe des Bodens sich mit dieser Schar schwer durchschneiden läßt, so daß zur Führung des Pfluges immerhin noch ein ziemlicher Kraftaufwand notwendig ist, so befestigt man vor ihr ein besonderes Pflugmesser, das die Rasennarbe zerschneidet, ehe die Pflugschar dazu kommt, „Sech" (culter), das sich, ebenso wie das später gleichfalls noch hinzugekommene Rädergestell, schon bei altgriechischen Pflügen findet. Auf diese Weise entstand bereits im Altertum bei den Griechen, insbesondere aber bei den Römern, ein Pflug, der in späterer Zeit dem heutigen einfachen Landpfluge glich, und von dem uns noch zahlreiche Funde, insbesondere Pflugscharen und Sechе, erhalten sind.

Die Technik des Pflügens.

Herodot (II 14) berichtet von den unterhalb Memphis wohnenden Ägyptern: „Sie brauchten sich nicht zu quälen, Furchen aufzubrechen mit dem Pfluge, noch zu hacken, noch mit irgendeiner andern Arbeit, mit der andere Menschen sich auf dem Felde quälen, sondern der Fluß kommt von freien Stücken auf ihre Äcker und bewässert sie, und wenn er sie bewässert hat, verläßt er sie wieder, und dann

Digitized by Google

Nature, Vol. 1, No. 1, Thursday, November 4, 1869

Bauer in die Luft zu fliegen. Der Explosionsstoff (Dynamit) kann nun in Form von Patronen in die Bohrlöcher eingeführt werden, oder man füllt die Bohrlöcher mit Pulver und verschließt sie mit Lehm. Die Zündung geschieht durch eine Zündschnur, die mit einem Zündhütchen versehen ist. Dieses wird durch einen Schlag mit einem Hammer zur Explosion gebracht. Die Zündschnur wird dann durch einen Funken entzündet, der durch Reibung eines Streichholzes entsteht. Wenn man es mit dem Laden und Zünden der Bohrlöcher zu tun hat, muß man sehr vorsichtig sein, damit kein Unglück geschieht.

Schießarbeit in einem Steinbruch. Links ein Bohrloch, das mit Pulver gefüllt ist. Rechts ein Bohrloch, das mit Dynamit gefüllt ist. Vorn ist die Zündschnur zu sehen, die mit einem Zündhütchen versehen ist. Dieses wird durch einen Schlag mit einem Hammer zur Explosion gebracht.

Die Bekämpfung von Krankheiten.

Krankheiten sind Störungen gewisser Teile oder des ganzen Körpers. Sie können durch Verletzungen, durch Ansteckung oder durch Erkältung entstehen. Wenn wir krank sind, müssen wir uns ins Bett legen und einen Arzt rufen. Dieser wird uns untersuchen und uns sagen, was wir tun müssen, um wieder gesund zu werden. Wir müssen seine Anordnungen genau befolgen, damit wir bald wieder gesund werden.

Technik ist, läßt sich daraus ersehen, daß sie bereits bei Homer erwähnt wird (Ilias XX 495):

„Wie wenn ein Mann ins Joch breitstirnige Stiere gespannet,
Weiße Gerste zu dreschen auf rundgeebneter Tenne;
Leicht wird zermalmt das Getreide vom Tritt der brüllenden Rinder."

Auch die Bibel schreibt vor (5. Buch Mose 25, 4; Korinther I 9, 9; Timoth. 5, 18), daß man dem Ochsen, der da drischt, das Maul nicht verbinden soll.

Der von Treibern angetriebene Ochse wurde vielfach durch andere Tiere, Maulesel, wahrscheinlich auch Esel und Pferde, ersetzt. Auch Dreschflegel standen im Gebrauch, die allerdings keinen beweglichen Schwengel hatten, sondern jedenfalls nur aus Stecken bestanden, mit denen man auf das Getreide losschlug[1]). Die Römer endlich hatten Dreschmaschinen, von denen eine besondere Art, das „plostellum Poenicum", angeblich von den Karthagern erfunden worden sein soll. Wie es aussah, wissen wir nicht, wahrscheinlich handelt es sich um eine Walze. Eine andere Dreschmaschine, das von Varro (de re rustica I 52) beschriebene „tribulum", war eine mit Steinen oder Eisen unten aufgerauhte Holztafel, die mit Steinen und durch das Gewicht des Lenkers beschwert war und von Ochsen über das Getreide hinweggeschleift wurde. Es scheint, daß durch die rauhe Unterfläche die Körner herausgedrückt oder herausgequetscht wurden. Ein sehr klares Bild gibt die eben erwähnte Beschreibung nicht, doch glich das Gerät vielleicht jenem, wie man es heute noch in Syrien und bei arabischen Stämmen verwendet. Es besteht aus einem mit Ochsen bespannten hölzernen Stuhlschlitten, unter dessen Kufen scharfe Steine befestigt sind. Varros lateinischer Text läßt auch diese Deutung zu.

An das Dreschen schloß sich dann die Absonderung der Spreu, das „Worfeln" an. Man gab die Körner — und zwar, wie uns erhaltene Funde zeigen, schon in ägyptischer Zeit — in flache geflochtene, schalenförmige Körbe oder in flache Holzbottiche von mäßiger Größe, die an ihren Schmalseiten bequem gepackt werden konnten. Dann warf man den Inhalt, sobald ein stärkerer Wind wehte, in die Luft. War kein Wind, so machte man ihn, wie die altägyptischen Darstellungen zeigen, auf künstlichem Wege durch Wedeln mit einem Fächer oder Wedel. Die Griechen und Römer benutzten in diesem Falle das Sieb. Die schweren Körner fielen zurück, die leichtere Spreu wurde vom Winde davongeführt. Auch der Schaufel bediente man sich in gleicher Weise[2]). Des weiteren standen Holzgabeln im Gebrauch, um diese Trennung der Körner von der Spreu zu bewirken. Mit diesen Verfahren war das Getreide dann so weit vorbereitet, daß es seinem eigentlichen Verwendungszwecke, der Bereitung von Speisen, insbesondere von Brot, sowie der Herstellung von Getränken zugeführt werden konnte. Man bewahrte es nun in Speichern auf, aus denen es nach Bedarf entnommen wurde.

Literatur zum Abschnitte „Der Ackerbau" siehe hinter dem Abschnitte „Die Gärungstechnik".

---

[1]) Siehe Abb. 167 S. 103 oben rechts.
[2]) Siehe Abb. 167 S. 103 oben Mitte.

Die Gärungstechnik.

Die Bäckerei.

Die Bereitung des Brotes war — und zwar wohl bei allen Völkern des Altertums — im Anfang eine rein häusliche Technik, die ausschließlich der Frau und ihren Gehilfinnen oblag. Erst ziemlich spät, nämlich während des Krieges gegen König Perseus von Mazedonien im Jahre DLXXXII seit Gründung der Stadt (etwa 171 v. Chr.), kam der besondere Stand der Bäcker auf (Plinius XVIII 107). Bis dorthin wurden alle einzelnen zur Herstellung des Brotes nötigen Verrichtungen, also Mahlen, Ansetzen des Teiges, Gärenlassen, Backen usw. usw., im Hause vorgenommen. Auch die Entstehung des Bäckerstandes vermochte die häusliche Brotbereitung nicht vollkommen einzuschränken, wie jetzt ja auch in vielen Haushaltungen, insbesondere in kleineren Städten und auf dem Lande, das „Hausbrot" noch wirklich ein solches ist. Der Bäcker war, wie uns neben anderen Quellen vor allem auch die Funde in Pompeji beweisen, wo Mühlen und Bäckerei in einem einzigen Anwesen vorhanden sind, zugleich auch Müller. Erst in noch späterer Zeit trennen sich auch hier die beiden Gewerbe.

Diese Entwicklung ist auf die der Technik nicht ganz ohne Einfluß geblieben. Die verwendeten Gerätschaften waren erst so ausgestaltet, daß sie auch durch die schwächeren Kräfte des Weibes gehandhabt werden konnten. Später werden sie größer, leistungsfähiger, auf den handwerksmäßigen Betrieb zugeschnitten. Schließlich aber geht die Entwicklung der Mühle ihren eigenen Weg, wobei die Größe der Leistung weit über das Bedürfnis des einzelnen Bäckereibetriebs hinaus gesteigert wird. Der Müller stellt maschinelle Vorrichtungen, vor allem aber auch die Kraft des Wassers, in seine Dienste, um eine möglichst große Anzahl von Bäckereien und Haushaltungen mit Mehl versorgen zu können.

Das Mahlen des Getreides.

Für gewöhnlich dürfte man das Getreide wohl so, wie es nach der durch das Worfeln oder Sieben geschehenen Reinigung von der Spreu zur Verfügung stand, zum Mahlen verwendet haben. In manchen Fällen aber ging dem Mahlen noch eine besondere Art der Vorbereitung voran, die den Zweck hatte, die Enthülsung des Getreidekorns zu erleichtern. Diese Vorbereitung bestand im Rösten. Das Rösten wurde entweder ohne vorheriges Anfeuchten des Getreides oder nach diesem, und zwar in erster Linie mit der Gerste, dann aber auch mit noch verschiedenen anderen Getreidearten, wie z. B. dem Spelt, vorgenommen. Das vorherige Anfeuchten hatte den Zweck, durch einen osmotischen Vorgang eine vorbereitende Trennung der Hülse von den stärkemehlhaltigen Zellen des Getreidekorns zu bewirken. Hülse und Inhalt besitzen ein verschieden starkes Quellungsvermögen. Die Feuchtigkeit bringt zunächst

Digitized by Google

Ref. Silver, very fine dark toning, lightly struck, the obverse with attractive reverse mirrors, the reverse with mirrors and a few hairlines, a couple of minor rim nicks, otherwise choice for the issue. Ex Bowers and Merena, Sale of 11/1988, lot 1. Ex Bowers and Merena, Sale of 5/1990, lot 1. Ex Bowers and Merena, Sale of 11/1990, lot 1. Ex Bowers and Merena, Sale of 11/1991, lot 1. Ex Bowers and Merena, Sale of 11/1992, lot 1. Ex Bowers and Merena, Sale of 11/1993, lot 1. Ex Bowers and Merena, Sale of

Blech, dem Weißblech (Zinn) und der Messing- (Kupfer-) Folie. Die Bleifolie wird zu Verpackungszwecken, die Zinnfolie zum Einwickeln von Nahrungsmitteln, die Messingfolie zu Dekorationszwecken verwendet. Die Folien werden in Walzwerken hergestellt, die den Blechwalzwerken ähnlich sind. Die Bleifolie wird in Walzwerken mit Steinwalzen gewalzt, die Zinnfolie in Walzwerken mit Eisenwalzen, die Messingfolie in Walzwerken mit Stahlwalzen. Die Folien werden dann in Schneidemaschinen in Streifen geschnitten.

Bild 10. Schneiden einer Bleifolie in Streifen

Bild 11. Schneiden einer Zinnfolie in Streifen

den beiden Mühlsteinen zu verbreiten, erhalten diese radial stehende Rillen, zwischen denen im spitzen Winkel an sie anstoßende weitere Rillen angebracht werden. Diese Rillen vermehren auch die Reibung und tragen dadurch zum besseren Zerquetschen des Getreides bei.

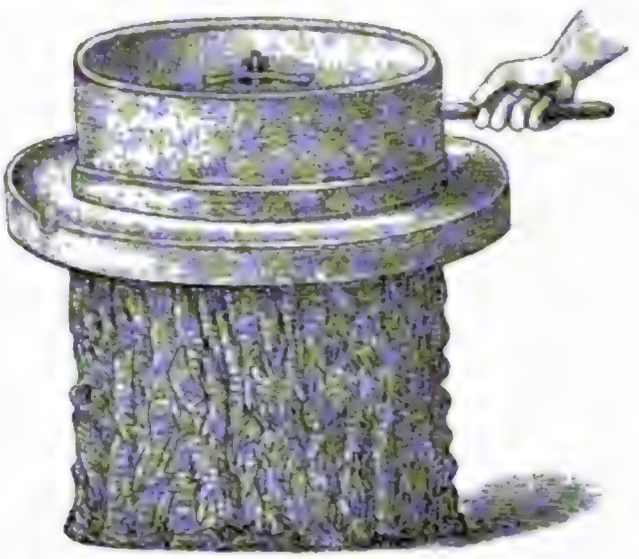


Abb. 152. Römische Handmühle. Saalburg-Museum.

Aus der Handmühle entsteht dann in sinngemäßer weiterer Entwicklung jene besonders typische römische Mühle, wie wir sie durch die Ausgrabungen in Pompeji, durch zahlreiche Darstellungen usw. überliefert erhielten. Der Gebrauch solcher Mühlen, von denen Varro und Plinius berichten, daß sie in der Stadt Volsinii (Bolsena) in Etrurien erfunden worden seien, ist in Rom erst im 2. Jahrh. v. Chr. bezeugt. Die Entwicklung ging wohl in der Weise vor sich, daß man, um rascher mahlen zu können, am oberen Mahlsteine zunächst zwei Handgriffe anbrachte, so daß zwei Personen gleichzeitig drehen konnten, die vermutlich in der Weise verfuhren, daß sie sich die Griffe gegenseitig zuschoben. Aber immer arbeiten diese vorerst nur mit der Hand.

Abb. 153. Römische Mühle. (Links Durchschnitt, rechts Außenansicht.) a Grundmauer, b Fläche oder Rinne, auf der sich das Mehl sammelte, und von wo es entnommen wurde, c feststehender kegelförmiger Reibstein mit „geschwungener Profillinie". Diese Linie bewirkt, daß sich bei e eine sehr enge Stelle befindet, an der das Korn am stärksten zerdrückt wurde, d drehbarer Gegenreiber in Sanduhrform, dessen oberer Teil als trichterförmige Einschüttöffnung ausgebildet ist.

Abb. 154. Der eiserne Zapfen (a) und die Scheibe (b) im Innern der römischen Mühlen.

Abb. 155. Römische Mühle, von einem Esel angetrieben. Reliefdarstellung an einem Bäckerladen in Pompeji.

Die ganze Kraft ihres Körpers können sie erst bei einer größeren Mühle einsetzen, die aus einem kegelförmigen Bodensteine besteht. Über diesem Bodensteine dreht sich der Mahlstein, dessen Höhlung sich natürlich der Form des Kegels anschmiegen muß. Da man oben gleich den Einschüttrichter anfügt, so erhält der Mahlstein die Gestalt zweier mit ihren engsten Teilen aufeinandergesetzter Glocken, er nimmt die Form einer Sanduhr an. Damit man ihn drehen kann, werden an der engsten Stelle seiner Außenseite in der Richtung des Durchmessers zwei Zapfen angebracht, in deren Aushöhlungen Drehhebel eingesetzt werden. Wird die Mühle groß und von Tieren gedreht, so werden diese Hebel noch verbolzt oder durch ein Balkengerüst, das in Form einer Armatur über den ganzen Einfülltrichter hinwegging, versteift. Der schwere Mahlstein darf nicht fest auf dem Grundstein aufsitzen, er ließe sich dann ja nicht drehen, und außerdem

Wenn man den Blick nach westlich vorne richtet, bemerkt man, daß die Kirche nicht geostet ist, sondern daß der Chor nach Norden abweicht. Dies ist eine Eigenheit, die man bei vielen Kirchen findet. Man hat sie auf verschiedene Weise zu erklären versucht. Die einfachste Erklärung ist wohl die, daß man sich nach dem Sonnenaufgang richtete, der ja nicht immer genau im Osten steht. Am Tage, wo der Baubeginn festgesetzt wurde, war der Chor richtig gestellt, aber bis zum Tage der Einweihung hatte sich die Richtung des Sonnenaufgangs geändert.

Abb. 17. Ansicht der Kirche von Südosten. Rechts der Kreuzgang.
Im Vordergrund ein Teil des Friedhofes, der sich um die Kirche herumzieht.

Wichtig ist die Kirche. Sie ist bekannt durch ihre Größe, durch ihren schönen Bau und durch ihre Geschichte. Sie ist eine der größten Kirchen Deutschlands. Ihre Länge beträgt 134 m, ihre Breite 65 m, ihre Höhe 30 m. Sie ist eine Basilika mit Querschiff und Vierungsturm. Ihr Grundriß ist ein Kreuz mit drei Schiffen. Ihr Baustil ist der romanische. Sie ist ein Bau aus dem Mittelalter, aus der Zeit, wo die Kirche noch eine große Macht war.

schwalbenschwanz (e) hat, welcher in den Mühlstein eingekeilt ist. So zwingen die Zähne jenes an die Welle (des Schaufelrades) angefügten Zahnrades dadurch, daß sie, in die Zähne des wagrechten Zahnrades eingreifend, dieses treiben, die Mühlsteine (d) zur Umdrehung; die über dieser Maschine hängende Gosse (f) gibt den Mühlsteinen immer das Getreide zu, und durch dieselbe Umdrehung wird das Mehl gemahlen."

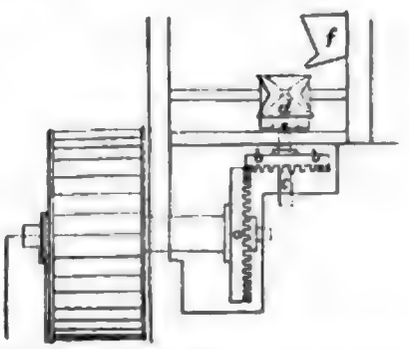


Abb. 157. Römische Wassermühle nach Vitruv.

Es ist eigenartig und zeugt für die lange Lebensdauer einzelner technischer Konstruktionen, daß sich diese von Vitruv beschriebene altrömische, mit tiefliegendem unterschlächtigen Wasserrad ausgestaltete Mühle bis auf den heutigen Tag in einzelnen Gebieten erhalten hat, die auch noch sonstige Überbleibsel ihrer einstigen Zugehörigkeit zum römischen Reich oder ihrer Abstammung von den Römern aufweisen. So fand ich diese Mühle z. B. in den hintersten Teilen des Grödnertals, wo auch jetzt noch eine aus dem Lateinischen abgeleitete Sprache gesprochen wird. Das Merkwürdige an diesen Mühlen aber war, daß das von Vitruv beschriebene unterschlächtige Wasserrad auch stets da zur Anwendung kam, wo alle Bedingungen für die Verwendung eines ober- oder mittelschlächtigen und damit für die Erzielung einer größeren Leistung gegeben gewesen wären (s. Abb. 297 S. 231).

An Stelle des Wasserrades wurde oft auch das Göpelwerk (siehe Seite 220) angewendet. Im 6. Jahrh. n. Chr. entsteht dann die Schiffsmühle, deren Erfindung dem Umstande zuzuschreiben ist, daß der Gotenkönig Vitiges bei der Belagerung Roms im Jahre 536 n. Chr. die Wasserleitungen verstopfen ließ. Die Tiere, die die Mühlen gedreht hatten, mußten infolge Wassermangels geschlachtet werden, die Sklaven brauchte man zur Verteidigung, und so ließ Belisar die Mühlen auf Schiffen aufstellen, die auf dem Tiber lagen. In technischer Hinsicht gewährt die Schiffsmühle den Vorteil, daß sie von der Höhe des Wasserstandes unabhängig ist. Das unterschlächtige Wasserrad findet, da sich auch das Schiff bei niedrigem Wasserstande senkt, stets Wasser, wodurch ein Nachteil, der ihm sonst anhaftet, und der zur Anbringung besonderer Stauweiher, Wehre usw. führt, ausgeschaltet wird.

Das Backen des Brotes.

Man stellte im Altertume die verschiedensten Mehlsorten her, aus denen man Gerichte aller Art bereitete. Zum Backen des Brotes benutzte man jedoch in der Hauptsache Weizenmehl, obschon auch manche andere Fruchtarten (Gerste, Roggen, Hirse, Hafer usw.) sowie mancherlei Zusätze (Öl, Milch, Wein, Mohn, Sesam usw. usw.) zur Verwendung kamen. So berichtet z. B. Herodot, daß die Ägypter Spelt (II 77, 78), sowie daß sie die Körner der Lotosblume (II 92) zur Brotbereitung verwendet hätten; altnordische Brote von der skandinavischen Halbinsel waren nach Untersuchungen von Rosendahl, die im Stockholmer pharmazeutischen Institut vorgenommen wurden, aus Kiefernrinde und Erbsenmehl hergestellt usw. usw. Zunächst genoß man wohl überall nur einen Brei aus Mehl und Wasser, kochte also eine Art von Polenta[1]). Um diesen Brei, der leicht verdarb und insbesondere sauer wurde,

[1]) Siehe Seite 93.

Kühl, schlagartig ist Herbst. Als wir vom Gipfel nach Hause fuhren, regnete es in Strömen. Wir hatten Glück, daß wir noch vor dem Regen unten waren. Ich habe mich gefreut, daß ich wieder einmal auf dem Gipfel war. Ich habe mich gefreut, daß ich wieder einmal die Aussicht genießen konnte. Ich habe mich gefreut, daß ich wieder einmal die Luft einatmen konnte. Ich habe mich gefreut, daß ich wieder einmal die Sonne sehen konnte. Ich habe mich gefreut, daß ich wieder einmal die Berge sehen konnte. Ich habe mich gefreut, daß ich wieder einmal die Natur genießen konnte.

Der Bergsteiger kommt vom Gipfel zurück. Er ist müde, aber glücklich. Er hat es geschafft. Er hat den Gipfel erreicht. Er hat die Aussicht genossen. Er hat die Luft eingeatmet. Er hat die Sonne gesehen. Er hat die Berge gesehen. Er hat die Natur genossen.

Ich war den Sommer über in den Bergen. Ich habe viele Gipfel bestiegen. Ich habe viele Aussichten genossen. Ich habe viele Luft eingeatmet. Ich habe viele Sonnen gesehen. Ich habe viele Berge gesehen. Ich habe viele Natur genossen.

Ich habe mich gefreut, daß ich wieder einmal in den Bergen war. Ich habe mich gefreut, daß ich wieder einmal Gipfel bestiegen habe. Ich habe mich gefreut, daß ich wieder einmal Aussichten genossen habe. Ich habe mich gefreut, daß ich wieder einmal Luft eingeatmet habe. Ich habe mich gefreut, daß ich wieder einmal Sonnen gesehen habe. Ich habe mich gefreut, daß ich wieder einmal Berge gesehen habe. Ich habe mich gefreut, daß ich wieder einmal Natur genossen habe.

Mit der Verwendung von Kameraobjektiven – die Firma Leica stellte hierfür Objektive mit Schraubgewinde her – wurde die Kleinbildkamera zum Universalgerät.

Fig. 16. Leica I, 1925
Fig. 17. Leica II, 1932

Die Leica (Fig. 16) wurde 1925 von Oskar Barnack, einem Mitarbeiter der Firma Leitz, Wetzlar, entwickelt. Sie war die erste Kleinbildkamera, die in größeren Stückzahlen gebaut wurde. Ihr Bildformat betrug 24 × 36 mm.

Bildformat. Die Leica I hatte noch kein Bildfenster. Man mußte deshalb, wie bei den Großformatkameras, durch eine Mattscheibe sehen, um das Bild einzustellen. Dazu mußte man den Objektivtubus herausziehen.

Bald wurden Sucher eingebaut, die das Bild durch ein kleines Fenster sichtbar machten. Sie waren meist getrennt vom Objektiv angeordnet. Man mußte also die Entfernung schätzen, um das Bild scharf einzustellen. Dann erst konnte man den Sucher auf den Bildausschnitt einstellen. Diese Sucher hatten keine Parallaxenkorrektur. Sie waren deshalb für Nahaufnahmen ungeeignet.

Fig. 18. Sucher mit Parallaxenkorrektur

Heute sind Sucher mit Parallaxenkorrektur üblich. Sie sind meist mit dem Objektiv gekuppelt. Das Bild wird also scharf eingestellt, wenn man den Sucher auf den Bildausschnitt einstellt.

Afrikas (1873 bis 1876), Alfred Tetens (1878), Bernhard Hagen (1888), Paul Reichard (1888), Hermann Wissmann (1888 bis 1889), Richard Kandt (1898), Hans Meyer (1898), Oskar Baumann (1898), Franz Stuhlmann (1899), Adolf Friedrich Herzog zu Mecklenburg (1907 bis 1908), Hans Cranz (1907 bis 1908), Hans Mayer (1911), Walter Goetzen (1911), Hermann Detzner (1911), Hans Grauert (1911), Hans Schomburgk (1911), Hans Paasche (1911), Hans Glauning (1911), Hans Zache (1911), Hans Schlobach (1911), Hans Schlobach (1911), Hans Schlobach

Auf vorigen Seiten haben wir Gesteine kennengelernt, die aus Schmelze entstanden sind. Wir wollen nun Gesteine betrachten, die aus Sedimenten entstanden sind. Sedimente sind Ablagerungen, die durch Wasser, Wind oder Eis transportiert wurden.

Sedimente können verschiedene Korngrößen haben. Sie können aus Kies, Sand, Ton oder Schlamm bestehen. Sie können auch aus Resten von Lebewesen bestehen, wie z.B. Muschelschalen oder Korallenriffen. Sedimente können auch aus Ausfällungen von Salzen bestehen, wie z.B. Kochsalz. Diese Ablagerungen sind dann meistens sehr fein.

hause, wie sich aus Figuren aus Tanagra usw. schließen läßt, wahrscheinlich des gleichen Brettes, auf dem man die Brote geformt hatte, während in Bäckereien besondere Einschießbretter verwendet wurden. In den größeren Bäckereien, wie z. B. in einer in Pompeji ausgegrabenen, benutzte man Backöfen von ziemlich großen Abmessungen. Sie hatten, wie viele der kleineren auch, an der Stirnwand kleine halb eingemauerte Wasserbehälter, die vielleicht zur Aufnahme des Wassers dienten, mit dem man, um eine schöne Rinde zu erhalten, das Brot bestrich (s. Abb. 156 S. 96). Bei den größeren Öfen ist (nach Overbeck) der eigentliche innere, gewölbte Ofen a von einem ringsum wohl verschlossenen viereckigen Vorraum b umgeben (Abb. 166), der die erhitzte Luft festhielt. Durch ihn zog der natürlich auch bei Holzkohlenheizung und dem Backen des Brotes entstehende Qualm und Dampf ab, e ist der Aschenbehälter. Der Backofen steht vermöge einer mäßigen Öffnung c mit den beiden anstoßenden Zimmern in Verbindung. Neben dem Backofen stehen nebeneinander zwei halb eingemauerte Gefäße aus Ton, welche, rechts und links von einer Brunnenöffnung gelegen, wahrscheinlich Wasser zum Befeuchten des halbgaren Brotes enthielten, um seine Rinde glänzender zu machen. Andere Backöfen sind wiederum mit besonderen Schornsteinen versehen. Während des Backens wurde die Mündung des Backofens durch einen eisernen, mit Handgriffen versehenen Deckel verschlossen.

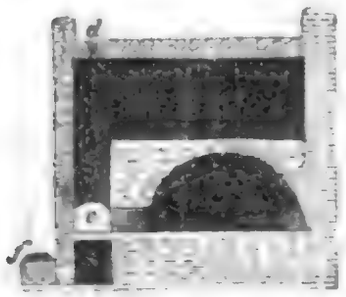


Abb. 166. Durchschnitt durch einen pompejanischen Backofen.

Die Bierbrauerei.

Nach Diodor (1. Jahrh. v. Chr., I 20 und 34) soll der ägyptische Gott Osiris im Jahre 2017 v. Chr. ein aus gemälzter Gerste bereitetes Bier in Ägypten eingeführt haben, das er zuerst in der Stadt Pelusium braute. Dasselbe berichten Herodot (II 77) und Plinius (XIV 22 und 29). Auch Strabo (Geographica XVII 14), Athenäus (Dipnosoph I 61) und Äschylus kannten dieses ägyptische Getränk (ζῦθος; lat. zythum), das sich nach der Angabe des Diodor an Wohlgeschmack und Kraftfast mit dem Weine messen konnte. Zu Strabos Zeiten (60 v. Chr. bis 20 n. Chr.) wird in Alexandria massenhaft ägyptisches Bier getrunken, über dessen Herstellung sich zuerst der Papyrus Anastasi IV eingehend ausspricht.

Nach alledem könnte es scheinen, als ob der Ursprung des Bieres in Ägypten zu suchen sei. Den neueren Forschungen Hroznys zufolge braute man jedoch bereits im Jahre 2800 v. Chr. im alten Babylon aus Gerste ein bei vielen Stämmen dieses Reiches sehr beliebtes Bier, und es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die Kunst seiner Herstellung aus noch weit älteren Zeiten stammt. Die Babylonier benutzten zur Bereitung ihres Bieres nicht nur Gerste, sondern auch Spelt (Triticum dicoccum), dessen Anbau und Kultur wahrscheinlich gleichfalls von Babylon ausgegangen ist.

Die Herstellung des altbabylonischen Bieres ging mit dem Backen des Brotes Hand in Hand. Man verstand es in Babylon, aus Gerste und Spelt Malz und Malzbrot zu bereiten. Aus dem Malzbrote stellte man wieder eine besondere Art gerösteten Brotes her, das der Art seiner Zubereitung nach etwa dem heutigen „Toast" entsprach. Dieses Brot weichte man ein und ließ die erhaltene Aufschwemmung gären. So erhielt man eine Art von Kwaß, von dem Kobert behauptet, daß ihn die Ägypter, als sie in ihr Land einwanderten, bei der hamitischen Urbevölkerung bereits

Mühlen um 1900. Eine der ersten Mühlen dürfte in Lindau, der Mühle-Hörbst gewesen sein, die 1898 ihren Betrieb aufnahm. Sie wurde 1900 durch Feuer zerstört, baute aber sofort wieder auf. Die Mühle-Hörbst wurde 1967 an die Firma Schweizerhall Lindau verkauft.

Die Mühle-Hörbst um 1900

Foto Hilti, um 1900. Eine der ersten Firmen, welche Maschinen zur Herstellung von Zementwaren baute, war die Firma Hilti in Lindau. Sie wurde 1900 gegründet und stellte Betonmischmaschinen, Betonsteinpressen und Betonsteinformen her. Die Firma Hilti existiert heute noch.

Die Firma Hilti um 1900

Mühle-Hörbst in Schmiedrued. Kaum war die Mühle-Hörbst in Lindau in Betrieb, wurde eine zweite Mühle-Hörbst in Schmiedrued gebaut. Sie wurde 1901 in Betrieb genommen. Die Mühle-Hörbst in Schmiedrued wurde 1967 an die Firma Schweizerhall Lindau verkauft.

Die Mühle-Hörbst in Schmiedrued um 1900

für diese Bezeichnung nicht in Betracht: nur die Germanen pflegten das hopfenfreie Getränk verhältnismäßig selten als „Bier" zu bezeichnen. Bier in dem eben erläuterten Sinne kannten nun die Babylonier in folgenden Abarten: zunächst ein jedenfalls sehr „billiges" Bier, eine Art Schwarzbier, das aus Gerste bereitet wurde, dem man — allerdings nur in manchen Fällen — bis zu einem Fünftel des Braumaterials Spelt hinzufügte. Die Würze bestand, von diesen Fällen abgesehen, nur aus Gerstenprodukten, d. h. aus Gerste, geröstetem Gerstenbrot und Gerstenmalz. „Gutes Schwarzbier" wurde aus einem Fünftel enthülstem Spelt und vier Fünfteln geröstetem Speltbrot hergestellt. „Rotes Bier" entstand aus weniger als einem Viertel Spelt, dem Brot und zerstoßenes Speltmalz zugefügt wurden. Es scheint ein dickes Bier gewesen zu sein. Das Bier bester Sorte endlich wurde unter Verwendung von bis zu einem Drittel Spelt und zwei Dritteln Brot und Malz zur Bereitung der Würze gebraut. Der Preis des Bieres war um so höher, je mehr Spelt zu seiner Bereitung genommen worden war. Starke und teure Biere verdünnte man in Babylon wohl auch mit Wasser.

Die Gärung der Würze wurde bei allen diesen obergärigen Bieren, wie auch jetzt noch beim Kwaß, von selbst eingeleitet, ohne daß ein künstlicher Hefezusatz stattfand. Entweder fielen Gärungserreger aus der Luft hinein, oder sie waren in dem zugesetzten Brot enthalten, das wahrscheinlich ohne Sauerteig hergestellt war, in dem sie sich aber infolge Aufnahme aus der Luft gleichfalls vorfanden. Da die Hefe bei 45 Grad abstirbt, und da bei der damaligen Art des Röstens diese Temperatur auf der Oberseite und wahrscheinlich auch im Innern der ungefähr daumendicken Brotfladen nicht überall erreicht worden sein dürfte, so enthielt das zur Bierbereitung verwendete Brot wahrscheinlich noch lebende Hefe. Außerdem dürften aber noch andere Pilzarten, insbesondere der Milchsäurebazillus usw. usw., eine Rolle gespielt haben. Daß es sich hier um ein wirkliches Bier, d. h. also um ein berauschendes Getränk, handelte, geht aus der 13. der Maximen des Schreibers Ani hervor, die wahrscheinlich schon zur Zeit der 20. Dynastie (13. u. 12. Jahrhundert v. Chr.) verfaßt sind. Es heißt hier: „Erhitze dich nicht in dem Hause, in welchem man die berauschende Flüssigkeit trinkt .... Du fällst mit gelähmten Beinen, niemand stützt dich mit der Hand, die Kneipgenossen trinken, gehen fort und sagen: Gehe heim, der du genug getrunken hast. Man sucht dich, um mit dir über deine Angelegenheiten zu sprechen, und findet dich an der Erde liegend wie ein kleines Kind."

Wie das Bier selbst, so stammt auch die Gewohnheit, seinen Geschmack zu korrigieren und ihm durch Zusatz von Lupinen eine gewisse Bitterkeit zu verleihen, aus dem Osten, und zwar wahrscheinlich aus den Gegenden des Kaukasus. In Westeuropa läßt sich der Gebrauch des Hopfens erst nach dem Tode Pippins (768 n. Chr.) nachweisen.

Über das von den Germanen bereitete Bier, das sie neben dem Met genossen, den sie durch Gärenlassen des mit Wasser verdünnten Honigs bereiteten, war lange Zeit hindurch nichts bekannt als die recht spärlichen Angaben, die uns Tacitus darüber hinterlassen hat (Germania XXIII): „Ihr Getränk ist ein Saft aus Gerste oder Weizen, ein Gebräu, das eine gewisse Ähnlichkeit mit schlechtem Weine hat". Nach den Untersuchungen von Delbrück dürfen wir annehmen, daß das altgermanische Bier einen weinartigen Charakter besaß, d. h. daß es sauer war, sauer nicht im Sinne eines verdorbenen Bieres, sondern in dem Sinne der Erzeugung eines notwendigen Geschmacks- und Konservierungsstoffes, denn den Hopfen kannte jenes Zeitalter nicht. Aus weiteren Stellen des Tacitus, die sich allerdings nur auf die Lebensgewohnheiten der Germanen und auf ihre Freude an warmen Bädern be-

Digitized by Google

ziehen, schließt Delbrück, daß man damals bereits Gefäße von etwa 500 l Inhalt herzustellen verstanden haben muß, die als Mischgefäße dienten. Um die Maische zu erhitzen, wurden wahrscheinlich heiße Steine hineingeworfen. Auch ein Kühlschiff dürfte vielleicht bekannt gewesen sein. Die Aufbewahrung des Bieres scheint in Gefäßen mit breiter oberer Öffnung stattgefunden zu haben, die in irgendeiner Weise, vielleicht unter Verwendung von Harz als Klebe- und Dichtungsmittel, fest verschlossen wurden. Man fand altgermanische Tongefäße, auf die ein Deckel mit Flansch paßte. Zur sicheren Befestigung des Deckels mittels der Flanschen dienten Löcher, für die passende gebrannte Tonnägel aufgefunden wurden. Die Lagertemperatur war, da die Gefäße, um sie kühl aufzubewahren, in die Erde eingegraben wurden, die Erdtemperatur, also 10 Grad. Man weiß, daß diese für obergäriges Bier die richtige ist. Die Frage, ob die Germanen — und auch andere nordische Völker — bereits gekeimtes Getreide verwendet haben, läßt sich schwer beantworten. Da jedoch in der Urzeit vieler, insbesondere orientalischer Völker die Malzbereitung nachweisbar ist, so erscheint sie auch bei den Germanen nicht ausgeschlossen. Es ist aber auch unerheblich, ob man Malz aus gekeimtem Getreide darstellte oder ungekeimtes Getreide verwendete, denn die Verzuckerung ist nicht unbedingt an das Keimen des Getreides gebunden. Auch Rohkorn läßt sich vermaischen. Delbrück nimmt an, daß das Bier der alten Germanen, zu dessen Bereitung die Hefe gleichfalls aus der Luft ganz von selbst hinzukam, etwa dem heutigen Berliner Weißbier entsprochen haben dürfte.

Die Weinbereitung.

Alkoholgegner scheint es unter den Völkern des Altertums wohl überhaupt nicht gegeben zu haben, ganz im Gegenteil: man liebte die berauschenden Getränke und ehrte die Götter des Weins. Aus allen möglichen Stoffen, wenn sie sich nur vergären ließen, bereitete man solchen. Harnack zeigt in einer Zusammenstellung, daß man bei den Juden Rauschgetränke aus Datteln, Feigen, Rosinen, Granaten, Honig und natürlich auch aus der Weinrebe herstellte. Herodot erzählt uns von den Babyloniern (1193), daß man dort Palmwein trank. Dem Gotte des Weins wurden in Griechenland und Rom besondere Feste gefeiert, bei denen es derart zuging, daß es wohl in der Folgezeit kaum irgendwelche Arten von Gelagen gibt, die ihnen in bezug auf Unsitte, wüstes Gebaren und Völlerei an die Seite gestellt werden könnten. An dieser, während des ganzen Altertums herrschenden Liebe für den Alkohol ändert die Tatsache nichts, daß einzelnen Völkern, wie z. B. dem Wüstenstamme der Rechabiten, das Weintrinken verboten war, und daß sich in den religiösen Vorschriften mancher Enthaltsamkeitsgebote für Priester, Frauen usw. finden.

Diese Vorliebe für den Wein mußte natürlich dazu führen, daß man der Pflege des Weinstocks und der Herstellung des Getränkes selbst eine ganz besondere Sorgfalt zuteil werden ließ, die rückwirkend wieder zu Vervollkommnungen in den einzelnen mit der Weinbereitung verbundenen technischen Einrichtungen führte.

Besonders groß war die Zahl der Weingärten im alten Ägypten, wo man schon im alten Reiche (3900—3000 v. Chr.) nicht weniger als sechs Sorten Wein kannte. Die Weinstöcke wurden an Spalieren gezogen, oder man rankte sie in Säulengängen empor, deren Säulen oben Lattengestelle trugen, so wie dies auch heute noch in den südlichen Ländern der Fall ist. Der Wein wurde durch Wächter gehütet, die die Vögel verjagten. Zur Zeit der Weinlese sammelte man die Trauben in Körbe, das Laub überließ man den Ziegen, die es von den Stöcken abfraßen. Dann folgte das Keltern,

Digitized by Google

Mais le feu fut mis bientôt aux flancs de la voiture entière. Des débris enflammés tombaient sur la route, et, à travers les flammes, on voyait les roues tourner encore avec une rapidité effrayante. Enfin, le feu atteignit le réservoir d'huile, et une explosion terrible se fit entendre. Le train s'arrêta, et tous les voyageurs descendirent précipitamment. Mais ce n'était que le commencement de leurs malheurs. Le feu avait pris aux voitures de tête, et, en peu de minutes, elles furent entièrement consumées. Les voitures de queue, qui étaient séparées des premières par un assez grand intervalle, restèrent intactes.

Fig. 3. Le train s'arrête. Les voyageurs descendent précipitamment. Le feu a pris aux voitures de tête. Les voitures de queue restent intactes.

Le train s'arrêta, et les voyageurs descendirent précipitamment. Le feu avait pris aux voitures de tête, et, en peu de minutes, elles furent entièrement consumées. Les voitures de queue, qui étaient séparées des premières par un assez grand intervalle, restèr

ſtellen konnte. Außerdem aber wurden auch ſteinerne und hölzerne Ringe benutzt, in deren runde Öffnung man ſolche Gefäße hineinſtellte, wodurch das Umfallen verhindert wurde. Die Gefäße wurden durch ſteinerne oder tönerne Pfropfen verſchloſſen, die die mannigfachſte Geſtalt hatten. Alle aber zeigen ſie einen breiten Rand, mit dem ſie auf den Rand des Gefäßes aufgeſetzt werden. Durch Verſchmieren der Berührungsſtelle von Pfropfen und Gefäßrand mit Lehm, Harz oder Gips ſuchte man einen luftdichten Verſchluß zu erzielen. In die Verſchmierung wurde dann noch das Siegel des Beſitzers eingedrückt. In allen aus dem alten Ägypten erhalten gebliebenen Weinkrügen findet ſich am Boden eine harzartige oder aſphaltähnliche Subſtanz, die vielleicht als Konſervierungsmittel, vielleicht auch, wie ſpäter bei den Römern, zur Erzielung eines beſtimmten Geſchmacks zugeſetzt wurde.

Auch bei den Griechen und Römern war das Wort Pindars ἄριστον μὲν ὕδωρ nur blaſſe Theorie, was man ſchon daraus erkennen kann, daß die mit dieſen Worten beginnende Ode zur Verherrlichung des Königs Hiero von Syrakus zum erſtenmal an einer mit Wein reich beſetzten Feſttafel vorgetragen wurde. Der Kultur des Weinſtocks und ſeiner Veredelung wandte man die größte Sorgfalt zu. Im allgemeinen entſprach der techniſche Teil der Weinbereitung dem bei den Ägyptern gebräuchlichen Verfahren. Die Trauben wurden ebenfalls durch Treten mit den Füßen ausgepreßt, doch wurden auch, insbeſondere ſpäter, beſondere Preſſen benutzt, deren Einrichtung bei der Gewinnung des Öls eingehend beſchrieben iſt (ſiehe Seite 114 ff.). Dann ließ man den Saft durch ein Sieb in einen Bottich oder in ein großes Tongefäß (dolium) laufen, worin er vergor. Den vor dem Auspreſſen der Treſter gewonnene Saft, der ſich durch einen im Verhältnis zu den übrigen Säuren höheren Zuckergehalt auszeichnet, das „protopum", ließ man für ſich vergären; aus dem Treſterſaft gewann man einen geringwertigen „Treſterwein". Um den Wein zu reinigen, ſetzte man Eier zu. Dann füllte man ihn in Tongefäße oder in lederne Schläuche, die oft von ſehr beträchtlicher Größe waren. So wurde z. B. bei einem Gaſtmahle des Ptolemäus Philadelphus ein mit edlem Weine gefüllter und aus Pantherfellen hergeſtellter Schlauch an die Tafel gebracht, der eine Länge von 17 m und eine Breite von 7 m hatte. Auch die Gärgefäße wieſen oft ſehr anſehnliche Abmeſſungen auf, faßten ſie doch zuweilen über 500 l. Nach abgelaufener Gärung dienten ſie vielfach zur Aufbewahrung von Wein, der für baldigen Gebrauch beſtimmt war. Weine beſſerer Sorte, die man länger aufbewahren wollte, wurden ſpäter in Holzfäſſer abgefüllt. Ehe dieſe aufkamen, füllte man ſie in kleinere mit zwei Henkeln verſehene Amphoren, die man, um ſie waſſerdicht zu machen, innen mit Pech oder Wachs überzogen hatte. Sie wurden mit einem Tondeckel verſchloſſen, den man mit Gips oder Pech feſtkittete.

Wie bei den Ägyptern, ſo wird zuweilen auch bei den Griechen und Römern der Wein mit allen möglichen Zutaten verſetzt. In Griechenland ſetzt man hauptſächlich das Harz der griechiſchen Kiefer zu, wodurch der Wein angeblich haltbarer werden ſollte. Für wie wichtig man dieſen Zuſatz hielt, erhellt daraus, daß der Bacchusſtab ſtets einen Tannenzapfen trägt. Auf Kreta beſtreute man bereits die Trauben mit Gips. Ariſtoteles berichtet, daß man Weine in Schläuchen trocknete, ſie dann ſtückweiſe herausnahm und in Waſſer zum Trinken auflöſte. Weitere gebräuchliche Zuſätze waren Nadeln von Zypreſſen, zerriebene Myrtenbeeren, bittere Mandeln, Honig, Muſchelſchalen, Galläpfel, Aſche von Rebenholz ſowie die verſchiedenſten Harzarten, von denen manche mehr, manche weniger geſchätzt waren (Plinius XIV 20). So erfreute ſich z. B. das Harz der in Spanien wachſenden Strandföhre nur ſehr geringer Beliebtheit bei den Römern, da es dem Wein einen ſehr

Kohl- und Rübenpflug mit verstellbarer Spur- und Schar- und Streichbreite. Der Kohl- und Rübenpflug ist ein Pflug, der zum Ausheben der Kohl- und Rübenpflanzen dient.

Fig. 1. Kohl- und Rübenpflug mit verstellbarer Spur- und Schar- und Streichbreite.

Der Kohl- und Rübenpflug ist ein Pflug, der zum Ausheben der Kohl- und Rübenpflanzen dient. Er besteht aus einem Rahmen, der auf zwei Rädern ruht. An diesem Rahmen ist ein Schar befestigt, das in den Boden eindringt und die Pflanzen ausgräbt. Hinter dem Schar befindet sich ein Streichbrett, das die ausgegrabenen Pflanzen zur Seite streicht. Die Spur- und Schar- und Streichbreite ist verstellbar, damit der Pflug für verschiedene Pflanzenabstände und Bodenverhältnisse eingestellt werden kann.

Fig. 2. Kohl- und Rübenpflug mit verstellbarer Spur- und Schar- und Streichbreite.

Der Kohl- und Rübenpflug ist ein Pflug, der zum Ausheben der Kohl- und Rübenpflanzen dient. Er besteht aus einem Rahmen, der auf zwei Rädern ruht. An diesem Rahmen ist ein Schar befestigt, das in den Boden eindringt und die Pflanzen ausgräbt. Hinter dem Schar befindet sich ein Streichbrett, das die ausgegrabenen Pflanzen zur Seite streicht. Die Spur- und Schar- und Streichbreite ist verstellbar, damit der Pflug für verschiedene Pflanzenabstände und Bodenverhältnisse eingestellt werden kann.

Grund besserer technischer und wissenschaftlicher Kenntnisse, insbesondere aber auf Grund der eingehenden Untersuchungen Koberts, wohl behaupten, daß diese angeblichen politischen Morde und Massenvergiftungen weiter nichts waren als Blei- bzw. Fleischvergiftungen; trank man doch einerseits giftigen bleihaltigen Wein, während man andrerseits das Fleisch noch nicht in hinreichendem Maße vor Verderbnis zu schützen wußte.

Im übrigen wurde der Wein für gewöhnlich mit Wasser gemischt, häufig und bei besonderen Gelegenheiten jedoch ungemischt getrunken. Die Angaben über das Mischungsverhältnis mit Wasser, wie sie sich z. B. im Homer finden, wonach Maron, der Priester des Apollo, dem Odysseus einen Wein vorgesetzt habe, der mit zwanzig Teilen Wasser vermengt war (Odyssee IX 219), und dem aus dem Mischgefäß ein so köstlicher Duft entquoll („Und den schäumenden Kelch umhauchten balsamische Düfte göttlicher Art"), daß man sich des Trinkens nicht enthalten konnte, sind, wie Rhousopoulos berechnet hat, mit Vorsicht aufzufassen. Der Alkoholgehalt des ursprünglichen Naturweins dürfte nicht über 14 Volumprozente betragen haben (= 13 Gewichtsprozenten). Nach dem Mischen hätten sich im günstigsten Falle 0,6 Gewichtsprozente Alkohol ergeben, also ein Getränk, das weder nach Wein schmecken noch riechen konnte. Man kann annehmen, daß auch im Altertum dem Wein kaum mehr als höchstens die gleiche Menge Wasser zugefügt wurde — meist wird es wohl weniger gewesen sein!

Essig erhielt man, indem man sauren Wein als solchen verwendete, oder Wein sauer werden ließ. Die Technik der Essigbereitung bei den alten Völkern bietet keine besonders erwähnenswerten Merkmale dar.

Literatur zu den Abschnitten: „Ackerbau" und „Gärungstechnik"

(Bäckerei, Bierbrauerei und Weinbereitung).

Arnold, Grain and beer in ancient Babylon, American Brewers Review Chicago und New-York 1914. 162.

Bäckergewerbe, Das altrömische. Zeitschrift für das gesamte Getreidewesen 1916, Nr. 6, S. 93.

Beckmann, Beiträge zur Geschichte der Erfindungen. Band II. Leipzig 1783.

Behlen, Der Pflug und das Pflügen bei den Römern und in Mitteleuropa in vorgeschichtlicher Zeit. Dillenburg 1904.

Billiard, La vigne dans l'antiquité. Lyon 1913.

Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. 4. Band. Leipzig und Berlin 1887.

Boeser, Denkmäler des Alten Reichs.

Bücher, Arbeit und Rhythmus. Leipzig und Berlin 1909.

Buschan, Vorgeschichtliche Botanik. Breslau 1895.

de Candolle, L'origine des plantes cultivées. Paris 1883.

Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.

Dalman, G., Die Mehlarten im Alten Testament. Ein Beitrag zur biblischen Archäologie. Festschrift zum 60. Geburtstag Kittels. Leipzig 1913, S. 61 ff.

Delbrück, Das Bier einst und jetzt. Naturwissenschaftliche Wochenschr. 1911, 46, 729; Zeitschr. f. angew. Chemie 1911, 33, 1553.

Diels, H., Die Entdeckung des Alkohols. Abhandlungen der phil.-hist. Klasse der königl. preuß. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1913, Nr. 3.

Diels, H., Etymologica. Zeitschrift für vergleichende Sprachforschung 1916, Bd. 47, S. 193.

Dragendorff, Die Verpflegung der römischen Kastelle in Deutschland. Vortrag auf der 76. Jahresversammlung der

Digitized by Google

Freien Vereinigung Deutscher Nahrungsmittelchemiker zu Frankfurt a. M.

Engelmann, Die antiken Mühlen. Landwirtschaftliche Jahrbücher, Band 33, 1904, S. 159.

Eyck, Zur Urgeschichte des Ackerbaus und der Viehzucht. Das Wissen 1911, Nr. 4 u. 5.

Förtsch, Drei babylonische Bierrezepte. Orientalistische Literaturzeitung 1916. XIX. 201.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.

Führer, Kurzer, durch das Provinzialmuseum Trier 1911.

Gradmann, Der Getreidebau im deutschen und römischen Altertum. Jena 1909.

Harnack, E., Die Bibel und die alkoholischen Getränke. Festschrift der vier Fakultäten zum 200jährigen Jubiläum der Universität Halle 1894.

Hartwich, Die menschlichen Genußmittel, ihre Herkunft, Geschichte, Anwendung, Bestandteile und Wirkung. Leipzig 1911.

Hehn, Kulturpflanzen und Haustiere in ihrem Übergang aus Asien nach Griechenland und Italien. Berlin 1912.

Heilborn, Allgemeine Völkerkunde. Leipzig 1898.

Herodot, Geschichten, I. 193; II. 92; II 36; II 77.

Heyne, Über Wein, Weinbau und Weinbereitung in: Deutsche Hausaltertümer II. Leipzig 1901.

Hoops, Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum. Straßburg 1905.

Hrozny, Bier im alten Babylon und Ägypten. Anzeiger der phil.-hist. Klasse der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften zu Wien, 1910, Nr. 26 und Sitzungsbericht der Kaiserlichen Akad. d. Wiss. zu Wien vom Mai 1914.

— Zur Bierbrauerei der alten Babylonier. Orientalistische Literaturzeitung 1914. XVII. 201.

Jacobi, Das Römerkastell Saalburg. Homburg 1897.

— Führer durch das Römerkastell Saalburg. Homburg 1908.

Kobert, Chronische Bleivergiftung im klassischen Altertum. Vortrag, geh. im Dozentenverein der Universität Rostock, Juni 1906. Veröffentlicht in: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

— Der Kwaß. Halle 1913.

— Zur Geschichte des Bieres. Historische Studien aus dem pharmakologischen Institut der Universität Dorpat. Halle 1896, Band V.

Koehne, Die Mühle im Rechte der Völker. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure 1913.

Kopp, Geschichte der Chemie. Braunschweig 1843—1847.

Krause, Die Heimat des Spelzes. Naturwissenschaftliche Wochenschr. 1910, 412.

Kreichgauer, Das Bier in Ägypten einst und jetzt. Wochenschrift für Brauerei 1916, 23. Jahrg. Nr. 19.

Liebig, Chemische Briefe. Leipzig und Heidelberg 1878.

v. Lippmann, Beiträge zur Geschichte des Alkohols. Chemiker-Zeitung 1913, Nr. 129 bis 133, 138, 139.

v. Lippmann, Chemisches aus dem Papyrus Ebers. Abhandlungen und Vorträge aus der Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1913.

— Chemisches und Alchemisches aus Aristoteles. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1913.

— Die chemischen Kenntnisse des Dioskorides. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.

— Die chemischen Kenntnisse des Plinius. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.

— Zur Geschichte des Alkohols und seines Namens. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1913.

Marquardt-Mau, Das Privatleben der Römer. Leipzig 1886.

Medicus, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.

Meier, Die Bauern im Homer. Separatabdruck aus dem „Landwirt" 1903. Luzern 1903.

Netolitzky, Nahrungs- und Heilmittel der Urägypter. Die Umschau. 15. Jahrg., S. 953.

— Die Hirse aus antiken Funden. Sitzungsberichte d. mathem.-naturw. Klasse d. Kaiserl. Akademie d. Wissenschaften zu Wien. Jahrg. 1914, Bd. 123, Abt. I, 2. Halbbd., S. 725 ff.

Neuburger, Das Wasser als Hilfsmittel in Haus und Gewerbe. In: Kraemer, Der Mensch und die Erde. Band 9, S. 149 bis 348.

Nordhoff, Der vormalige Weinbau in Norddeutschland. Münster 1883.

Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken. Leipzig 1884.

Pappenheim, Populäres Lehrbuch der Müllerei. Wien 1878.

Digitized by Google

Pinner, Chemisches aus der Bibel. In: Diergart, Beiträge zur Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der sächsischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Chemnitz 1895.

Rau, Geschichte des Pflugs. Heidelberg 1845.

Reber, Des Vitruvius zehn Bücher über die Architektur. Stuttgart 1865.

R. H., Die Entwicklung des Mühlenbaus. Deutsche Techniker-Zeitung 1912, S. 68 bis 70.

Rhousopoulos, Chemische Kenntnisse der alten Griechen. In: Diergart: Beiträge zur Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

Richter, Beiträge zur Geschichte der alkoholhaltigen Getränke bei den orientalischen Völkern und des Alkohols. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. 4. Band, S. 429 ff.

Ringelmann, Mahlversuche im frühen Altertum. Referat der Frankfurter Zeitung, Mai 1909, des Vortrags von Héron de Villefosse, in der Maisitzung der Académie des Inscriptions et Belles-Lettres zu Paris.

Rosellini, Monumenti civili dell' Egitto. Pisa 1832—1844.

Rühlmann, Allgemeine Maschinenlehre. Braunschweig 1876, Bd. II.

Rusta, Alkohol und Al-kohl. Zur Geschichte der Entdeckung und des Namens. Aus der Natur. 10. Jahrg., Heft 2, S. 97.

Schäfer, Der Wein in kulturgeschichtlicher und naturwissenschaftlicher Beziehung. Braunschweig 1916.

Schelenz, Über Pressen. Ein Beitrag zur Geschichte der chemischen Geräte. Chemiker-Zeitung 1912, S. 397 ff.

Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner. Leipzig 1881.

Schrader, Die Anschauungen v. Hehns von der Herkunft unserer Kulturpflanzen und Haustiere im Lichte neuerer Forschung. Berlin 1912.

Schubart, Ein Jahrtausend am Nil. Berlin 1912.

Schulze, Ernst, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland und das Limeskastell Saalburg. Gütersloh 1906.

Schwickart, Die landwirtschaftlichen Geräte und Maschinen im Wandel der Jahrtausende. Velhagen und Klassings Export-Anzeiger. Bielefeld und Leipzig 1919. Nr. 3. S. 5 ff.

Stübe, Zur Ursprungsgeschichte der alkoholischen Getränke. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Berlin 1918. Bd. 8. S. 56.

Strunz, Über die Geschichte des Brotes. Zeitschrift für das gesamte Getreidewesen 1917, 9, 106—107. (Referat in: Zeitschrift für angewandte Chemie 1917, Nr. 98 Referatenteil, S. 385.)

Stummer, Zur Urgeschichte der Rebe und des Weinbaus. Mitteilungen der anthropologischen Gesellschaft in Wien. 1911, Heft 3 u. 4.

Tacitus, Germania. v. Oberbreyer. 3. Aufl. Leipzig.

Thümen, Vom Weine. Prometheus 1897, S. 161 ff.

Tschirch, Handbuch der Pharmakognosie 1912.

Weise, Über den Weinbau der Römer. Hamburg 1897.

Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.

Woenig, Am Nil. 1. Band. Leipzig.

— Die Pflanzen im alten Ägypten. Leipzig 1897.

Woyte, Antike Quellen zur Geschichte der Germanen. Leipzig (1912—1915).

Zaunick, Die neueren und neuesten Arbeiten über die Frühgeschichte des Alkohols. Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1918, 1, S. 1.

Digitized by Google

Die Technik der Öle, Fette, Seifen und Wohlgerüche.

Es handelt sich hier um ein Gebiet der organisch-chemischen Technik, das mit zahlreichen anderen Gebieten, wie der Landwirtschaft, der Nahrungsmittelchemie, der Konservierungs- und Beleuchtungstechnik usw. usw., im engsten Zusammenhange steht, so daß einzelne seiner Zweige ebensogut dort besprochen werden könnten. Da es sich jedoch in seinen Grundzügen auf der Verwendung und Verarbeitung gewisser Abkömmlinge der organischen Öl- und Fettsäuren aufbaut, so möge es hier als Ganzes seine Betrachtung finden, eine Zusammenfassung, die sich ja auch jetzt noch in der chemischen Technologie im allgemeinen erhalten hat.

Die Gewinnung der Öle und Fette.

Während des ganzen Altertums stand die Kultur des Ölbaumes in hoher Blüte, lieferte er doch das zur Bereitung der Speisen, zum Füllen der Lampen, zum Bestreichen des Körpers, zu Zwecken der Reinigung, zur Herstellung von Parfümerien und kosmetischen Mitteln aller Art usw. usw. so notwendige Öl, und zwar jene Sorte, die wir heute, wo wir über eine reichere Auswahl von Ölen verfügen, „Olivenöl" nennen. Schon in sehr alten ägyptischen Urkunden sind der Ölbaum und das aus ihm gewonnene Öl erwähnt, man findet das Wort „tat", das beide bezeichnet, bereits in den Aufzeichnungen der 8. Dynastie (also etwa 2300 v. Chr.). Auch die Denkmäler der 18. Dynastie (etwa 1550 v. Chr.) zeigen Darstellungen von Blättern und Früchten des Ölbaums. In ägyptischen Königsgräbern der 20. Dynastie (1100 v. Chr.) hat man Zweige des Ölbaums und Kerne der Olive gefunden. Theophrast (Caus. plant. IV 2) und Strabo (XVII 1) erwähnen sein Vorkommen in Ägypten. Auch die Bibel erzählt von der Taube Noahs, die mit dem Ölzweig im Schnabel zurückkehrte, und heute noch stehen am Ölberge bei Jerusalem Bäume, die wohl schon zu Christi Zeiten dort gestanden haben dürften. In Griechenland war der Ölbaum, wie heute unbestritten feststeht, schon zu Homers Zeiten bekannt. Die Zahl der Schriftsteller, die seiner in späteren Zeiten Erwähnung tun, ist so groß, daß es unmöglich ist, sie alle aufzuzählen.

Die Gewinnung des Öls aus dem Ölbaume vollzog sich wohl bei allen Völkern des Altertums in der gleichen Weise. Aus Funden auf der Insel Thera scheint festzustehen, daß man die aus Ägypten oder dem Orient stammende Ölpresse später nach Griechenland verpflanzte. Nach den gleichen Verfahren wie das Olivenöl dürfte man auch die übrigen Öle gewonnen haben, insbesondere die wohlriechenden Salböle, die auch noch in späterer Zeit sowohl bei den Griechen wie bei den Römern vielfach aus dem Orient bezogen wurden.

Zur Gewinnung des Öls pflückte man die Früchte, wenn sie den richtigen Zustand der Reife oder vielmehr Unreife erreicht hatten. Heute gewinnt man insbesondere in Griechenland das Öl zuweilen aus den schon abgefallenen Oliven, die zudem

Myr. Schenck u. Myrm. Westwoodii Shk. Schenck[1] hat in Nassau die Ameisen in Bädern gefunden, die sie sich in Sandsteinen ausgehöhlt haben. Ich habe sie in Bädern gefunden, die sie sich in Kalksteinen ausgehöhlt haben. Ich habe sie in Bädern gefunden, die sie sich in Kalksteinen ausgehöhlt haben.

Fig. 1. Myrmica rubra L. ♀ Kopf von vorn.

Fig. 2. Myrmica rubra L. ♀ Kopf von der Seite.

Fig. 3. Myrmica rubra L. ♀ Kopf von oben.

Fig. 4. Myrmica rubra L. ♀ Kopf von unten.

Myrm. rubra L. ♀. Kopf (Fig. 1, 2, 3, 4) rötlich-gelb, Hinterkopf und Mandibeln dunkelbraun, Fühler und Beine gelb, Thorax und Abdomen rötlich-braun, Thorax mit dunkelbraunen Flecken, Abdomen mit dunkelbraunen Flecken, Flügel hyalin, Adern und Stigma gelb. Kopf (Fig. 1) breiter als lang, Hinterkopf (Fig. 2) gerundet, Augen (Fig. 2) groß, Mandibeln (Fig. 1) mit 5 Zähnen, Fühler (Fig. 3) 12-gliedrig, Thorax (Fig. 3) mit 3 Segmenten, Abdomen (Fig. 3) mit 6 Segmenten, Flügel (Fig. 3) mit 2 Adern, Stigma (Fig. 3) groß, Beine (Fig. 4) mit 5 Gliedern, Tarsen (Fig. 4) mit 2 Gliedern, Klauen (Fig. 4) mit 2 Zähnen.

[1] Schenck, Nassauische Ameisen, Jahrb. d. Ver. f. Naturk. Nassau 1852.

Ohne Grundgebirge. Ich verzichte hier auf eine neue Beschreibung, da ich mich vollständig auf die Darstellung Lyell's beziehen kann. Nur einige Worte über die Lagerungsverhältnisse der Kreide- und Tertiärschichten, welche in Fig. 1 dargestellt sind. Die Kreide bildet die Grundlage, auf welcher die Tertiärschichten ruhen. Beide sind ursprünglich horizontal über den Meeresboden ausgebreitet worden, wie es noch jetzt in den Ebenen Nordamerikas der Fall ist. Durch eine Hebung sind sie in ihrer Lage gestört worden, und zwar so, daß sie in der Richtung von Süden nach Norden eine Neigung erhalten haben, welche in Fig. 1 durch die Linie *ab* angedeutet ist. Diese Neigung ist aber nicht gleichförmig, sondern sie wird in der Richtung von Süden nach Norden immer größer, so daß die Linie *ab* eine Curve bildet, deren Convexität nach Norden gerichtet ist. Die Kreide ist in Folge dieser Hebung in ihrer ganzen Ausdehnung zu Tage getreten, während die Tertiärschichten nur in ihrem südlichen Theile entblößt sind, weiter nördlich aber noch von ihnen bedeckt werden.

Fig. 1. Durchschnitt der Kreide- und Tertiärschichten in Alabama.

Mike Cavey. Cavey's image is a complete fake. In many respects, Cavey's image is the opposite of Mike Cavey's image. Cavey's image is a complete fake. In many respects, Cavey's image is the opposite of Mike Cavey's image.

Mike Cavey. Cavey's image is a complete fake. In many respects, Cavey's image is the opposite of Mike Cavey's image. Cavey's image is a complete fake. In many respects, Cavey's image is the opposite of Mike Cavey's image.

er das auf ihn fließende Öl aufnahm und es infolge seiner Neigung vertieft aufgestellten Behältern zuführte, aus denen es dann ausgeschöpft wurde (Abb. 179).

In ähnlicher Weise gewann man auch das Öl der Nüsse, der Mandeln, des Sesam, verschiedener Palmarten, Mastixöl usw. usw.[1]) Die Öle wurden dann, um sie zu konservieren, teilweise mit Salz versetzt, teilweise setzte man Gummi und Harz hinzu, um den Geruch festzuhalten. Eine Gewinnung reiner ätherischer Öle war, da man damals die jetzigen Destillationsverfahren noch nicht kannte, unmöglich. Auch sonst wurden noch alle möglichen Stoffe den Ölen zugemischt, wie Essig, Fenchel, Most, Honig usw. usw.

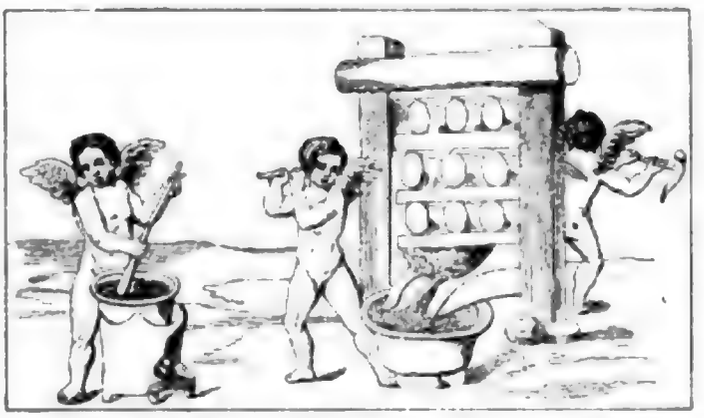


Abb. 178. Keilpresse (zum Auspressen von Öl). Wandgemälde in Herculanum.

Bei den Römern gewann man den „sucus", ein wohl nur selten verseifbares ätherisches Öl aus Blüten, sowie das „corpus", das stets verseifbare Öl der Früchte, das zur Bereitung von Salben durch Zusatz von sucus, also von Blütenöl, wohlriechend gemacht wurde. Außer dem Öle der Früchte verwendete man zur Salbenbereitung jedoch auch Tierfette, insbesondere das Wollfett (bei den Griechen οἴσυπος oder οἴσυπον, auch οἰσύπη, bei den Römern oesypus oder oesypum genannt). Das Wollfett war, nachdem es im Altertum sowohl in der Medizin wie in der Kosmetik eine wichtige Rolle gespielt hatte, dann jahrhundertelang vollkommen vergessen, bis es in neuerer Zeit von Liebreich wieder in die Medizin eingeführt und unter der Bezeichnung „Lanolin" allgemein bekannt wurde. Seine Darstellung ist uns aus den Berichten des Dioscorides und des Plinius bekannt. Die beste Art der Bereitung war nach Plinius die folgende: Man gab die frisch geschorene Wolle in ein mit Wasser gefülltes ehernes Gefäß und erhitzte die Masse mit gelindem Feuer, kühlte sie darauf ab und sammelte das schwimmende Fett in einem irdenen Gefäße. Das wiederholte man noch einmal oder zweimal. Das abgeschöpfte Fett wurde dann gehörig ausgewässert, durch ein Tuch geseiht und so lange der Sonne ausgesetzt, bis es weiß und durchsichtig war. Diese Substanz, die am meisten geschätzt wurde, wenn sie aus der Wolle attischer

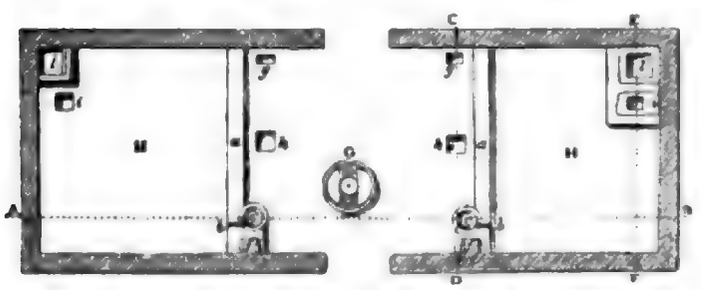


Abb. 179. Ölkelterei in Stabiae (Grundriß). G: Kollergang (trapetum); g h i: Vertiefungen zur Aufnahme der Pfosten der Preßvorrichtungen; H: große Behälter, die gegen die Mitte des Raumes durch Mauern a abgegrenzt waren und in denen sich das ausgepreßte Öl sammelte. Der tiefste Punkt des geneigten Bodens liegt bei b, wohin das Öl abfloß, das dann durch Bleileitungen nach den Sammelbehältern c gelangte, von wo es entnommen wurde. f f sind Postamente, auf die wahrscheinlich die Krüge gestellt wurden, in die man es aus c einfüllte, und deren geneigte Oberfläche übergegossenes Öl wieder nach c zurückfließen ließ.

[1]) Siehe auch Herodot I 94, wo auch ein Verfahren der Ölgewinnung durch Rösten und Auskochen der Früchte erwähnt ist.

Digitized by Google

Figure 1.1 Computer graphics is used in many applications. (Courtesy of Autodesk, Inc.)

Figure 1.2 Computer graphics is used in many applications. (Courtesy of Autodesk, Inc.)

Figure 1.3 Computer graphics is used in many applications. (Courtesy of Autodesk, Inc.)

Figure 1.4 Computer graphics is used in many applications. (Courtesy of Autodesk, Inc.)

Figure 1.5 Computer graphics is used in many applications. (Courtesy of Autodesk, Inc.)

für die Haare anwandten. Sie wurde aus Fett, besonders Ziegenfett und Asche (Pottasche), vor allem Buchenholzasche, hergestellt, wobei in der Tat eine Verseifung des Fettes erfolgt. Plinius erwähnt zwei Arten von Seife, eine härtere und eine weichere. Eine Rotfärbung des Haares, wie Plinius angibt, trat durch den Gebrauch der Seife allein wohl kaum ein (siehe Seite 123, Fußnote).

Die Seife dürfte zunächst auch in Rom lediglich als Mittel zur Haarpflege sowie für arzneiliche Zwecke angewendet worden sein. Galen (131—201 n. Chr.) erwähnt zum erstenmal (XII 170, 180), daß die Seife zum Waschen diene. Er gibt der deutschen Seife den Vorzug, dann folge die gallische. Sie wirke, wie er berichtet, erweichend und werde benutzt, um Schmutz von Körper und Kleidern wegzunehmen. Der Unterschied zwischen harter und weicher Seife, den Galen macht, und den auch Plinius (a. a. O.) bereits andeutet, rührt daher, daß die deutsche Seife als mit Buchenholzasche hergestellte Kaliseife weicher ausfiel. Die gallische Seife, die mit der natronhaltigen Asche von Seepflanzen bereitet wurde, war eine Natronseife und infolgedessen hart. Auch der Arzt Serenus Sommonicus, der im dritten Jahrhundert n. Chr. lebte und Leibarzt des Kaisers Septimius Severus war, erwähnt die Seife als Reinigungsmittel, allerdings in einem Gedicht, das von der Behandlung verschiedener Krankheiten spricht, so daß mehrfach geäußerte Zweifel berechtigt erscheinen.

Unendlich groß ist die Zahl der Produkte, die man außer der Seife im Altertum aus Ölen und Fetten herstellte. Schon die Ägypter bereiteten die verschiedenartigsten Salben, indem sie Öle und Fette, deren Schmelzpunkt ein Erstarren bei gewöhnlicher Temperatur zur Folge hatte, mit Wohlgerüchen der verschiedensten Art vermengten, die wohl fast durchweg aus Pflanzenölen bestanden. Beliebt waren bei fast allen Völkern des Altertums die Wohlgerüche des Baumöls, des Rosenöls, des Mandelöls, von Kalmus, Zimt, Kassia, Laudanum, Weihrauch, Narde, Sesam, Lorbeer, Majoran, Lilie, Isis, Granate, Zyprus, Amaravum, Malabathrum, Honig, Onanthe, Koniferenharze usw. (z. T. nach Galen). Außer in Form von Salben wendete man die Wohlgerüche auch noch in der von Ölen sowie als Pulver an. Der in Rom beliebteste Wohlgeruch war das „Sussineum", bestehend aus Lilien, Bohnenöl, Honig, Zimt und Safran (Plinius). Im alten Aquileja hat man ein Parfüm ausgegraben, dessen Analyse durch Majonica ergab, daß es ein aus der kretischen Cistrose (Cistus cretinus) gewonnenes Harz war.

Ganz besonders waren im Altertum Schminken beliebt. Man schminkte sich bei allen alten Völkern, und die Verse, mit denen der Spötter Martial die Römerin verhöhnt, galten wohl für alle Frauen des Altertums (n. Oberbreyer):

„Galla, dein Putztisch flickt dich aus hundert Lügen zusammen,
Während in Rom du lebst, rötet am Rhein sich dein Haar,
Wie dein Seidengewand, so hebst du am Abend den Zahn auf,
Und zwei Drittel von dir liegen in Schachteln verpackt.
Wangen und Augenbrauen, womit du Erhörung uns zuwinkst,
Malte der Zofe Kunst, welche dich morgens geschmückt.
Darum kann kein Mann zu dir: Ich liebe dich! sagen;
Was er liebt, bist nicht du; was du bist, liebet kein Mann."

Bei den Ägyptern gab es schon eine richtige Schminkenfabrikation, die nachweisbar 4400 Jahre zurückreicht. Auch damals wurden schon Stangenschminken hergestellt, die wahrscheinlich Fettschminken waren, obschon sich das Fett nicht mehr nachweisen ließ, da es sich im Laufe der Jahrtausende zersetzt hatte. Man goß diese Fettschminke

Abb. 8: Die Arbeitsstellen von Bildhauer A. Hilt, Bildhauer Ch. Hilt und Bildhauer Kupfer und Schmid, Nürnberg, 1911.

Abb. 9: Die Arbeitsstellen von Bildhauer A. Hilt, Bildhauer Ch. Hilt und Bildhauer Kupfer und Schmid, Nürnberg, 1911.

Abb. 10: Links oben arbeitet Bildhauer Ludwig Hilt, rechts daneben sitzt Bildhauer Christian Hilt, Nürnberg, 1911.

Die Arbeitsstellen von Bildhauer A. Hilt, Bildhauer Ch. Hilt und Bildhauer Kupfer und Schmid, Nürnberg, 1911.

Abb. 11: Die Arbeitsstellen von Bildhauer A. Hilt, Bildhauer Ch. Hilt und Bildhauer Kupfer und Schmid, Nürnberg, 1911.

Bauten der Westbahn. Für die Ost- und die Südbahn hat Hofrat Gerstner-Walldorf die Pläne entworfen, die Ausführung erfolgte durch Ingenieur Rziha.

Die Bauten der Ostbahn und der Südbahn bestehen aus Holz und sind nach dem Gerstnerschen Trägersystem ausgeführt. Die Ausführung dieser Bauten erfolgte durch Ingenieur Rziha.

Abb. 74. Gerstnersche Brücke über den Wiener Neustädter Kanal.

Die Bauten der Westbahn sind in Stein ausgeführt und bestehen aus Gewölben, die auf Pfeilern ruhen. Die Pfeiler sind durch Bögen miteinander verbunden, die Gewölbe sind mit Erde überschüttet und mit Pflaster belegt.

Abb. 75. Steinerne Brücke über den Wiener Neustädter Kanal.

in der Hauptstadt einzog, wurde mit Mennige rot bestrichen. Sonst beschränkte sich der Schmuck der Männer meist auf das Tragen von Schönheitspflästerchen (splenia). Das Haar wird schwarz oder blond gefärbt: schwarz mit den eben erwähnten Mitteln oder mit Blutegeln, die längere Zeit in einem irdenen Topfe zusammen mit Wein und Essig gefault hatten. Blond bzw. rot färbte man mit der aus Deutschland bezogenen Seife, die in Form von Kugeln verkauft wurde[1]). Martial nennt diese Kugeln „Mattiakugeln", nach dem germanischen Orte Mattium, wo sie hergestellt wurden. Man nimmt an, daß damit das heutige Dorf Metze oder Maden bei Gudensberg gemeint war. Ovid klagt, daß dieses Haarfärbemittel schädlich war. Wahrscheinlich hat ein darin vorhandener Überschuß an Alkali das Haar zerstört. Daß man auch unschädlichere färbende Pomaden herzustellen verstand, beweist die Analyse einer solchen bei Ticino ausgegrabenen, die sich noch unversehrt in ihrem Aufbewahrungsgefäß befand. Sie bestand nach Reutter aus einem Gemisch von Bienenwachs mit Fett, dem Storaxharz und Terpentinöl zugesetzt waren. Die Gegenwart von weinsauren Salzen läßt auf ein Anfeuchten mit Wein schließen. Die gelbe Farbe war durch Zusatz von Henna erzeugt. Es handelte sich also um eine Pomade zum Blondfärben des Haares. In den Zeiten des höchsten Luxus puderte man das Haar mit Goldstaub.

[1]) Siehe S. 119: „rötet am Rhein sich dein Haar". Es dürfte sich wohl um Seife gehandelt haben, die freies Alkalikarbonat enthielt und die zusammen mit Henna (siehe Seite 121) zum Rotfärben des Haares verwendet wurde.

Literatur zum Abschnitt: „Öle, Fette, Seifen und Wohlgerüche".

Badermann, Pflanzliche Riechstoffe in alter und neuer Zeit. Deutsche Parfümerie-Zeitung 1919, 24 , 260.

Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Band I, Leipzig und Berlin 1912.

Braun, Achtzig Jahre „Braun-Melsungen". Melsunger Medizinisch-pharmazeutische Mitteilungen aus Wissenschaft und Praxis. Melsungen 1919. 11. S. 109 ff. Referat v. Peters in „Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1919. Bd. XVIII. S. 151.

Deite, Handbuch der Seifenfabrikation. Berlin 1887.

Eibner, Über das punische Wachs. Beil. z. Allg. Zeitung, München 1905, Nr. 275 bis 276.

— Ein altes Medikament. Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1905, S. 92.

Einiges historisches von der Butter. Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene 1916, Heft 11, S. 174.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.

Goldschmidt, Chemie, Analyse, Technologie der Fettsäuren, des Glyzerins, der Türkischrotöle und der Seifen. Leipzig 1911.

Hehn, Kulturpflanzen und Haustiere in ihrem Übergang aus Asien nach Griechenland und Italien. Berlin 1912.

Herodot, Geschichten, 1. Buch 193, 2. Buch 85—89; 4. Buch, 74.

Hoops, Reallexikon der germanischen Altertumskunde. Band 3. Straßburg 1915.

Joseph, Handbuch der Kosmetik. Leipzig 1912.

Kobert, Chronische Bleivergiftung im klassischen Altertum. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

Kopp, Geschichte der Chemie. Braunschweig 1843—1847.

Laton, Der Ölbaum und seine Geschichte. Aus der Natur 1912, S. 579.

Leichner, Über Puder und Schminke. Polytechnisches Zentralblatt 1894/95, S. 117.

Lewin-Dorsch, Die Technik in der Urzeit. Stuttgart 1912.

v. Lippmann, Chemische Papyri d. 3. Jahrhunderts. Chemiker-Zeitung 1913, S. 933.

— Chemisches aus dem Papyrus Ebers. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1913.

— Die chemischen Kenntnisse des Dioskorides. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.

— Die chemischen Kenntnisse des Plinius. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.

Medicus, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.

Neuburger, Die chemische Zusammensetzung altägyptischer Augenschminken. Prometheus 1893, S. 355.

Pagel, Geschichte der Kosmetik. In: Joseph, Handbuch der Kosmetik. Leipzig 1912.

Peters: Achtzig Jahre „Braun-Melsungen" siehe unter „Braun".

Pinner, Chemisches aus der Bibel. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

Prisse d'Avennes, Histoire de l'art égyptienne. Paris 1879.

Reutter, Les parfums égyptiens. Bull. de la société française d'histoire de la médicine. 1913, S. 159.

Reutter, Zusammensetzung einer römischen Pomade. Zeitschrift für angewandte Chemie (n. Comptes rendus de l'Académie des Sciences 1916. 162. 470) Referatenteil 1916, S. 449.

Rhousopoulos, Chemische Kenntnisse der alten Griechen. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

— Noch ein kleiner Beitrag zum Thema über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 1909, S. 287.

Schelenz, Seifenbehelf. Deutsche Parfümerie-Zeitung 1916, S. 46.

Strunz, Die Chemie im klassischen Altertum. Sonderausgabe aus der Zeitschr. Die Kultur 1905, S. 474.

Werner, Ovid als Kosmetiker. Deutsche Parfümerie-Zeitung 1916, 16, 98.

Woenig, Die Pflanzen im alten Ägypten. Leipzig 1897.

Kältetechnik und Konservierung.

Von den heute üblichen Konservierungsverfahren wandten auch die Alten schon die wichtigsten an, nämlich die Kälte, das Einsalzen, das Austrocknen und den Abschluß der Luft. Wie jetzt, so diente damals bereits die Kälte nicht nur zur Konservierung, sondern auch zur Erzeugung künstlicher Kühlung. Es entstand so, unabhängig von der Konservierung, eine besondere Kältetechnik, die teilweise auf den Verfahren des Wärmeaustausches, teilweise auf der Herbeiführung von Verdunstungskälte sowie auch auf der von Temperaturerniedrigung durch Auflösung beruhte.

Die Kältetechnik.

Die Kältetechnik ist schon sehr alt. Bereits im altchinesischen Liederbuch „Schiking" finden sich in einem älteren über das Jahrtausend v. Chr. zurückreichenden Abschnitte religiöse Zeremonien für das Füllen und Entleeren der Eiskeller vorgeschrieben. Leider ist über die Beschaffenheit dieser Eiskeller nichts bekannt, insbesondere nicht, ob man gegen die Wärme isolierende Schichten verwendete. Auch die Juden benutzten Schnee zur Kühlung ihrer Getränke. In den Sprüchen Salomonis heißt es (25, 13): „Wie die Kühle des Schnees zur Zeit der Ernte, so ist ein getreuer Bote dem, der ihn gesandt hat, und erquickt seines Herrn Seele". Nach wichtigen technischen Grundsätzen legten die Griechen und Römer, insbesondere aber die letzteren, ihre Schneekeller an. Es waren große Gruben, die mit Gras, Spreu oder (nach Seneca) mit Erde, Mist oder Baumzweigen bedeckt wurden, so daß also, wie man gestehen muß, die Wahl der gegen die Wärme isolierenden Stoffe nach sehr richtigen Grundsätzen geschah. Außerdem preßte man den Schnee, ehe man ihn in die Gruben brachte, noch fest zusammen. Da er unter Druck in Eis übergeht, so erscheint es nicht ausgeschlossen, daß man damals bereits nach diesem Verfahren ein künstliches Eis erzeugte. Der Schnee mußte oft weit hergeholt werden; vielleicht hat man Pressen auch benützt, um den Transport, über dessen Einzelheiten uns nichts weiter bekannt ist, zu erleichtern. Über den Schutz, den die Spreu gegen das Schmelzen des Schnees gewährt, stellt Plutarch eingehende Erörterungen an, aus dessen Betrachtungen im übrigen noch hervorgeht, daß man den Schnee, um ihn lange zu erhalten, auch in dicke Tücher einhüllte. Im übrigen soll die eben beschriebene Art der Aufbewahrung nach Athenäus schon von Alexander dem Großen angewendet worden sein. Den Schnee warf man direkt in die Getränke. Auch sein Schmelzwasser wurde zu dem gleichen Zwecke benutzt, nachdem man es vorher, um es zu reinigen, durch Tücher und Siebe hatte laufen lassen. Der Genuß der stark gekühlten Getränke erzeugte, wie Plinius (XXXI 21) erwähnt, die verschiedenartigsten Krankheiten. Als man sich dieses Umstandes bewußt war, kühlte man die Getränke von außen her, indem man die Gefäße in Schnee stellte, eine Erfindung, die von Kaiser Nero herrühren soll (Plinius XXXI 23), so daß wir also in diesem den Erfinder des Seltkühlers zu erblicken hätten. Galen berichtet, daß Nero auch die Beobachtung gemacht hätte,

Digitized by Google

vorher erhitztes Wasser kühle sich rascher ab als gewöhnliches. Diese Beobachtung, die übrigens jedoch bereits von Aristoteles (Meteorologie I 12) erwähnt wird, ist richtig: das gewöhnliche Wasser enthält Luft und Kohlensäure, die die Abkühlung verzögern. Aus gekochtem Wasser sind beide Gase ausgetrieben.

Im übrigen ging man nach den Berichten des Galen besonders in Ägypten noch vielseitiger vor, um eine künstliche Abkühlung des Wassers herbeizuführen. Man stellte vorher erwärmtes Wasser in flache Tonschalen und ließ sie über Nacht auf dem Wind abgewandten Dächern stehen. Am anderen Morgen stellte man sie in feuchte, in die Erde gegrabene Höhlungen und bedeckte sie mit feuchten Blättern. Es wird also hier von der durch Verdunstung erzeugten Kälte in ausgiebigem Maße Gebrauch gemacht, die ja auch in der Gullah (siehe den Abschnitt „Keramik") in sehr sinngemäßer Weise zur Erzeugung eines kühlen Trunkes von alters her ausgenützt wurde. Nach den Berichten des Athenäus ließ man in Ägypten diese Tonschüsseln während der ganzen Nacht durch Knaben von außen anfeuchten, um die Verdunstung zu erhöhen. Darüber, wie weit die herbeigeführte Abkühlung geht, sind die Ansichten sehr geteilt, ebenso wie darüber, ob die Sonne infolge lebhafterer Verdunstung oder der Schatten infolge der Verdunstung in Verbindung mit seiner Kühle besser wirkt. Dollinger berechnet bei einem Topf von 5 Liter Inhalt, von dem $^1/_{10}$ verdunstet ist, und einer Temperatur von 33 Grad einen Wärmeentzug von 58,5 Kalorien, was einer Abkühlung von 12 Grad entsprechen würde, die aber nie eintreten kann, da ein Teil der Wärmeeinheiten nicht vom Wasser, sondern von der umgebenden Luft geliefert wird und da durch die Öffnung des Topfes Wärme zum Wasser zutritt. v. Luschan hingegen vermochte bei 40 Grad Wasser oder Tee um volle 25 Grad abzukühlen. Versuche, die besser als theoretische Berechnungen die besten Abkühlungsmöglichkeiten erkennen lassen, wollte der Verfasser selbst in Ägypten anstellen. Sie waren für den Winter 1914/15 vorgesehen, mußten aber wegen des inzwischen ausgebrochenen Krieges unterbleiben.

Davon, daß man auf diese Weise Eis erzeugt hätte, wird nichts berichtet, doch war den alten Indern schon von alter Zeit her ein Verfahren der künstlichen Eiserzeugung bekannt. Es beruhte auf dem gleichzeitigen Zusammenwirken von Verdunstungskälte und Wärmeausstrahlung. Man stellte über Nacht flache, mit Wasser gefüllte Schalen aus porösem Ton auf Reisstroh in kleine Erdgruben. Das Wasser friert dann infolge starker Ausstrahlung und gleichzeitiger Verdunstung: am Morgen sind die Schalen mit Eis bedeckt. Diese Form der Eiserzeugung mag im übrigen bei vielen Völkern bestanden haben. Durch einen Zufall wissen wir, daß sie auch den Esten um das Jahr 800 n. Chr. bekannt war. Die im Altertum so beliebte Abkühlung der Luft durch Springbrunnen, Wasserbassins, sowie durch Begießen der Marmorfliesen mit Wasser stellt gleichfalls eine Ausnützung der Verdunstungskälte dar.

Inwieweit man von der Lösungskälte Gebrauch machte, ist nicht bekannt. Daß sie verwendet wurde, dürfte sicher sein. Einmal geht dies aus der aus dem 4. Jahrhundert n. Chr. stammenden indischen Schrift „Pancatantram" hervor, in der es heißt: „Dann ist das Wasser kühl, wenn es Salz enthält". Andererseits aber tritt bei der Lösung bestimmter, den Alten wohlbekannter und von ihnen vielfach verwendeter Salze, so insbesondere des Salpeters, eine starke Abkühlung ein, und es ist nicht anzunehmen, daß diese unbemerkt blieb.

Auch die Wärmeableitung wurde — allerdings in sehr origineller Weise — zur Herbeiführung einer künstlichen Kühlung verwendet. Man umgab sich mit Kaltblütern und benutzte kalte Steine, um sich Kühlung zu verschaffen. Herodot

Digitized by Google

berichtet von den Ägypterinnen des 5. Jahrhunderts v. Chr., die sich derartiger Mittel sowie gleichzeitig auch der Verdunstungskälte bedienten, um ihr Dasein angenehmer zu gestalten: „Sie ließen das Lager in ihrer Sänfte mit einer dichten Schicht grüner Blätter und Blumen bedecken, auf der sie sich ausstreckten, nur mit einer zarten Linnentunika bekleidet. Man schloß die Vorhänge, und dann benetzte man sie mit kühlem Wasser. Dazu rollten sie um ihren Hals und um ihre Arme zwei oder drei lebende Nattern, und in jede Hand nahmen sie eine Quarzkugel, ein Mineral, dessen Temperatur ständig unterhalb der der umgebenden Luft bleibt".

Die Verfahren der Konservierung.

Daß die Kälte im Altertum auch Konservierungszwecken diente, geht aus verschiedenen Angaben, vor allem auch aus altrömischen Kochbüchern hervor, in denen der Rat gegeben wird, gewisse Speisen, insbesondere Sülzen, mit Schnee zu bedecken. Da gerade diese besonders leicht der Verderbnis ausgesetzt sind, und da der Schnee als solcher kaum als Leckerbissen gegolten haben dürfte, so kann es sich hier nur um ein Konservierungsverfahren handeln.

Im übrigen bediente man sich zum Konservieren insbesondere der Nahrungsmittel vor allem der Austrocknung an der Luft, des Räucherns, dann aber auch des Einsalzens und des Luftabschlusses. Dieser erfolgte vor allem durch Einlegen von Nahrungsmitteln in Öl (Columella, De re rustica V 8). Außerdem legte man aber auch in Essig, in Salz und in Salzwasser ein (a. a. O.). Das Einsalzen scheint allgemein im Gebrauche gestanden zu haben. Herodot (IV 53) berichtet von dem Flusse Borysthenes, der im Lande der Skythen fließt: „An seiner Mündung schießt von selbst eine unendliche Menge von Salz an, und große Haifische ohne Gräten liefert er zum Einsalzen, die sie Antakäer nennen, und viele andere bewundernswerte Dinge". Konservierte Fische aus altägyptischer Zeit haben sich bis jetzt vollkommen unversehrt erhalten. Allerdings war das Konservierungsverfahren ein etwas kompliziertes. Es handelt sich um den bei den alten Ägyptern heiligen Lates niloticus, einen barschartigen Fisch, von dem große Mengen sowohl in einer sich östlich der Stadt Esnéh erstreckenden Sandwüste gefunden wie auch aus Gräbern ausgegraben wurden. Die Fische wurden mit leinenen Streifen umwickelt und dann in das Wasser der stark sodahaltigen Seen Ägyptens eingelegt, mit dem man sie längere Zeit in Berührung ließ. (Die Untersuchungen französischer Gelehrter erbrachten den Nachweis des Vorhandenseins von Natrium; ob dieses Natrium von der Verwendung von Soda oder von der von Kochsalz herstammt, erscheint nach den sogleich zu besprechenden neueren Forschungen über die Herstellung von Mumien zweifelhaft.) Dann wurden die Fische in eine Mischung von Sand und Ton gepackt und abermals in eine Salzlake gelegt. Sie sehen zum Teil heute noch so aus, als ob sie eben erst aus dem Wasser gekommen wären. Die Haut hat Glanz und Farbe, in den Augen ist die Regenbogenhaut deutlich zu erkennen. Es dürften bei dieser Art der Konservierung die Einpökelung, der Luftabschluß (Ton) sowie die Austrocknung durch die trockene ägyptische Luft zusammengewirkt haben, um ein derartiges Ergebnis zu zeitigen.

Die Mumien.

Die höchste Stufe ihrer Vollendung erreicht jedoch die alte Konservierungstechnik in den altägyptischen Mumien. Sie sind der Gegenstand vielfacher Unter-

Operation gemacht. Oder man kann sie, wie Kümmell selbst, eine Hautfalte über dem Sternum bilden lassen, die dann durchtrennt wird. Die Wunde wird dann durch Naht geschlossen.

Fig. 81. Fig. 82. Fig. 83. Fig. 84. Fig. 85. Fig. 86.

Fig. 81. Kümmell's Trachealdilatator.

Fig. 82. Trachealdilatator nach Trendelenburg. Der Dilatator besteht aus zwei Teilen, die durch eine Schraube auseinander gedrückt werden können. Die Enden sind mit Gummi überzogen.

Fig. 83. Trachealdilatator nach Bose. Der Dilatator besteht aus zwei Teilen, die durch eine Schraube auseinander gedrückt werden können. Die Enden sind mit Gummi überzogen.

Fig. 84. Trachealdilatator nach Bose. Der Dilatator besteht aus zwei Teilen, die durch eine Schraube auseinander gedrückt werden können. Die Enden sind mit Gummi überzogen.

Fig. 85. Trachealdilatator nach Bose. Der Dilatator besteht aus zwei Teilen, die durch eine Schraube auseinander gedrückt werden können. Die Enden sind mit Gummi überzogen.

Fig. 86. Trachealdilatator nach Bose. Der Dilatator besteht aus zwei Teilen, die durch eine Schraube auseinander gedrückt werden können. Die Enden sind mit Gummi überzogen.

Die Marbacher. Es ist ein schönes, altertümlich-behäbiges Land, durch das man von Ludwigsburg nach Marbach fährt, ein Land, das Wohlstand und Bildung verrät. Die Dörfer sind groß und sauber, die Häuser stattlich, die Menschen kräftig und gesund. Auch in Marbach selbst, das 3000 Einwohner zählt, ist alles wohlhabend und gut gebaut. Es ist eine Freude, durch die Straßen zu gehen. Die Leute sind freundlich und gastlich. Sie haben Schiller gern, sie sind stolz auf ihn, sie wissen, daß er ihnen Ehre macht. Sie haben ihn nicht vergessen, wie es so oft geschieht, daß Menschen, die Großes leisten, in ihrer Heimat vergessen werden. Sie haben ihn nicht vergessen, weil sie ihn nie gekannt haben. Sie haben ihn nicht gekannt, weil sie ihn nie gesehen haben. Sie haben ihn nie gesehen, weil er nie in Marbach gelebt hat. Sie haben ihn nicht gesehen, weil er nie in Marbach gelebt hat, weil er nur 3 Jahre alt war, als er Marbach verließ. Sie haben ihn nicht gesehen, weil er nur 3 Jahre alt war, als er Marbach verließ, weil er nur 3 Jahre alt war, als er Marbach verließ, weil er nur 3 Jahre alt war, als er Marbach verließ

Bild 19a. Hexenfest. Links die Hexenküche, die dem Hexenmeister unentbehrlich ist. Rechts die Hexen, die auf Besen, Ofengabel und Bock zum Tanzplatz reiten.

Bild 19b. Hexenfest. Die Hexen tanzen um den Hexenmeister, der auf einem Bocke sitzt. Links ein Hexenpaar, das sich küßt. Rechts ein Hexenpaar, das sich umarmt. Im Hintergrund ein Hexenpaar, das sich küßt.

Wo nun solchergestalt das Hexenwerk von dem Hexenmeister angefangen, da ist es nicht zu verwundern, daß es so weit um sich frißt, wie wir es jetzt sehen. Denn wo ein Meister ist, da sind auch Gesellen, und wo ein Lehrer ist, da sind auch Schüler. Und wo ein Meister ist, der Gesellen hat, da ist er auch bemüht, daß er sie befördere, wie es in allen Handwerken Brauch ist. Also ist es auch mit dem Hexenmeister. Wo er einen Gesellen hat, der ihm gefällt, da befördert er ihn, daß er auch Meister werde. Und wo er einen Schüler hat, der ihm gefällt, da befördert er ihn, daß er auch Lehrer werde. Und wo er einen Gesellen hat, der ihm nicht gefällt, da befördert er ihn nicht, daß er Meister werde. Und wo er einen Schüler hat, der ihm nicht gefällt, da befördert er ihn nicht, daß er Lehrer werde. Und wo er einen Gesellen hat, der ihm gefällt, da befördert er ihn, daß er Lehrer werde. Und wo er einen Schüler hat, der ihm gefällt, da befördert er ihn, daß er Meister werde. Und wo er einen Gesellen hat, der ihm nicht gefällt, da befördert er ihn nicht, daß er Lehrer werde. Und wo er einen Schüler hat, der ihm nicht gefällt, da befördert er ihn nicht, daß er Meister werde. Und wo er einen Gesellen hat, der ihm gefällt, da befördert er ihn, daß er auch Meister werde. Und wo er einen Schüler hat, der ihm gefällt, da befördert er ihn, daß er auch Lehrer werde. Und wo er einen Gesellen hat, der ihm nicht gefällt, da befördert er ihn nicht, daß er Meister werde. Und wo er einen Schüler hat, der ihm nicht gefällt, da befördert er ihn nicht, daß er Lehrer

Abbild eines Kunstwerkes Goethescher Zeit, Entwürfe und Skizzen, Bilder, Briefe und Handschriften, Bücher und Schriften, Medaillen und Münzen, Silhouetten.

Nr. 31. Goethe's Geburts-, Sterbe- und Begräbnis-Medaille. Berlin.

Nr. 31. Goethe's Geburts-, Sterbe- und Begräbnis-Medaille. Berlin. Auf der Vorderseite ist Goethe's Brustbild nach rechts gewendet, mit der Umschrift: JOANNES WOLFGANGUS GOETHE NATUS FRANCOFURTI AD MOENUM D. XXVIII. AUGUSTI MDCCXLIX. Auf der Rückseite ist ein Lorbeerkranz, in welchem die Worte: OBIIT WEIMARIAE D. XXII. MARTII MDCCCXXXII. Darunter: ANNO LXXXIII. Die Medaille ist von Loos in Berlin gefertigt und hat einen Durchmesser von 3 cm. Sie ist in Silber, Bronze und Zinn ausgeführt. Nr. 32. Goethe's Geburts-, Sterbe- und Begräbnis-Medaille. Berlin. Auf der Vorderseite ist Goethe's Brustbild nach rechts gewendet, mit der Umschrift: JOANNES WOLFGANGUS GOETHE NATUS FRANCOFURTI AD MOENUM D. XXVIII. AUGUSTI MDCCXLIX. Auf der Rückseite ist ein Lorbeerkranz, in welchem die Worte: OBIIT WEIMARIAE D. XXII. MARTII MDCCCXXXII. Darunter: ANNO LXXXIII. Die Medaille ist von Loos in Berlin gefertigt und hat einen Durchmesser von 3 cm. Sie ist in Silber, Bronze und Zinn ausgeführt.

Nr. 32. Goethe's Geburts-, Sterbe- und Begräbnis-Medaille. Berlin.

Nr. 32. Goethe's Geburts-, Sterbe- und Begräbnis-Medaille. Berlin. Auf der Vorderseite ist Goethe's Brustbild nach rechts gewendet, mit der Umschrift: JOANNES WOLFGANGUS GOETHE NATUS FRANCOFURTI AD MOENUM D. XXVIII. AUGUSTI MDCCXLIX. Auf der Rückseite ist ein Lorbeerkranz, in welchem die Worte: OBIIT WEIMARIAE D. XXII. MARTII MDCCCXXXII. Darunter: ANNO LXXXIII. Die Medaille ist von Loos in Berlin gefertigt und hat einen Durchmesser von 3 cm. Sie ist in Silber, Bronze und Zinn ausgeführt.

Nr. 33. Goethe's Geburts-, Sterbe- und Begräbnis-Medaille. Berlin. Auf der Vorderseite ist Goethe's Brustbild nach rechts gewendet, mit der Umschrift: JOANNES WOLFGANGUS GOETHE NATUS FRANCOFURTI AD MOENUM D. XXVIII. AUGUSTI MDCCXLIX. Auf der Rückseite ist ein Lorbeerkranz, in welchem die Worte: OBIIT WEIMARIAE D. XXII. MARTII MDCCCXXXII. Darunter: ANNO LXXXIII. Die Medaille ist von Loos in Berlin gefertigt und hat einen Durchmesser von 3 cm. Sie ist in Silber, Bronze und Zinn ausgeführt.

Nr. 33. Goethe's Geburts-, Sterbe- und Begräbnis-Medaille. Berlin.

Nr. 33. Goethe's Geburts-, Sterbe- und Begräbnis-Medaille. Berlin. Auf der Vorderseite ist Goethe's Brustbild nach rechts gewendet, mit der Umschrift: JOANNES WOLFGANGUS GOETHE NATUS FRANCOFURTI AD MOENUM D. XXVIII. AUGUSTI MDCCXLIX. Auf der Rückseite ist ein Lorbeerkranz, in welchem die Worte: OBIIT WEIMARIAE D. XXII. MARTII MDCCCXXXII. Darunter: ANNO LXXXIII. Die Medaille ist von Loos in Berlin gefertigt und hat einen Durchmesser von 3 cm. Sie ist in Silber, Bronze und Zinn ausgeführt.

dem Berichte des Plutarch (Vitae X) über den Tod des Agesilaos im Menelaushafen zu Lybien hervor: „Die anwesenden Spartaner machten also, weil kein Honig vorhanden war, einen Guß von Wachs über den Toten und führten ihn so nach Lakedämon." Ähnliches berichtet Herodot (IV 71) von den Skythen. Um die Leichen ihrer Könige transportieren zu können, überziehen sie den Leib mit Wachs, nachdem sie den Bauch aufgeschnitten, gereinigt, mit gepulvertem Safran, Räucherwerk, Aniskörnern usw. gefüllt und wieder zugenäht haben. Da dieser Füllung keinerlei konservierende Eigenschaften zukommen, so beruht die Erhaltung auf dem durch das Wachs bewirkten Abschluß der Luft.

Literatur zum Abschnitt: „Kältetechnik und Konservierung".

Dollinger, Poröse Tongefäße zum Abkühlen von Trinkwasser. Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1913, S. 768 u. 799.

Elliot Smith, Über den Ursprung der ägyptischen Mumien. Vortrag in der Philosophical Society von Glasgow, Mai 1910.

— Über die Kunst des Einbalsamierens der Leichen im alten Ägypten. Mémoires présentées à l' Institut égyptien, Band 5, Heft 1.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1865—1874.

Herodot, Geschichten. 1. Buch, 200; 2. Buch, 85—89; 4. Buch, 53.

Jeep, Der Asphalt und seine Anwendung in der Technik. Leipzig 1899.

v. Lippmann, Zur Geschichte der Kältemischungen. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.

Lucas, Über die von den alten Ägyptern zum Einbalsamieren verwendeten Konservierungsmittel. Chemical News 1910, S. 266.

v. Luschan, Poröse Tontöpfe usw. Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1913, 799.

Mann, Balsamierte Fische. Frankfurter Nachrichten, 12. Dezember 1911.

Medicus, Kleines Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.

Meyer, Geschichte der Chemie von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Leipzig 1914.

Möller, Die beiden Totenpapyrus Rhind des Museums zu Edinburg. Leipzig 1913.

Netolitzky, Ergänzungen zu „Nahrungs- und Heilmittel der Urägypter". Zeitschrift für Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln 1913, S. 425.

Peters, Heilmittel und Gifte in den Kriegen der Vergangenheit. Pharmazeutische Zeitung 1917, Nr. 24.

Reutter, Analyse eines Harzes aus einem ägyptischen Sarkophage. Chemiker-Zeitung 1911, Nr. 137.

— De l'embaumement avant et après Jésus-Christ. Paris-Neuchâtel 1912.

— de la momie ou d'un médicament démodé. Bulletin de la Société française d'histoire de la médicine 1912, S. 439.

— de la Momie ou Mumia. Sonderdruck aus Bulletin des Sciences pharmacologiques. Genf 1913.

— Zusammensetzung der zur Einbalsamierung dienenden Harze. Vortrag in der Sitzung der Société de Chimie de Genève v. 11. Dezember 1913, referiert Naturwissenschaftliche Wochenschr. 1914, S. 236.

Ruffer, Remarks on the histology and pathological Anatomy of Egyptian Mummies. The Cairo Scientific Journal Nr. 40, Januar 1910.

— Pathological notes on the Royal Mummies of the Cairo Museum. Le Caire 1912.

— und Rietti, Notes on two Egyptian mummies. Bulletin de la Société Archéologique d'Alexandrie. No. 14. Alexandrien 1912.

Schmidt, Chemische und biologische Untersuchungen von ägyptischem Mumienmaterial. Zeitschr. f. allgemeine Physiologie 1907, S. 369.

— Über Mumienfettsäuren. Chemiker-Zeitung 1908, S. 769.

Tschirsch, Über im ersten Jahrtausend vor Christo bei der Einbalsamierung der Leichen in Ägypten und Karthago benutzte Harze. Archiv f. Pharmazie 1912, S. 170.

Wiedemann, Tote und Totenreiche im Glauben der alten Ägypter. Der alte Orient. 2. Jahrg. Heft 2.

Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.

Die Keramik.

Die Entwicklung der Keramik.

Obgleich man unter „Keramik“ in erster Linie die Tonbildnerei, d. h. die Verarbeitung des Tons zu allen möglichen Kunst- und Gebrauchsgegenständen, zu verstehen pflegt, so soll in diesem Abschnitte doch auch die Herstellung verschiedener Baumaterialien, insbesondere die der Ziegel gestreift werden, da gerade im Altertum zwischen der eigentlichen Keramik und der Gewinnung von Baumaterialien mancherlei Beziehungen bestehen, die insbesondere durch die Konstruktion der Öfen, die Behandlung und Art des Materials usw. usw. geschaffen werden.

Die Keramik ist zweifellos eine der ältesten aller Techniken. Ihre Spuren gehen bis weit in die vorgeschichtliche Zeit, man kann wohl sagen, bis zu den Anfängen der Menschheit zurück. Wie man eigentlich dazu kam, aus Ton Gefäße zu formen, darüber macht Rohland sehr bemerkenswerte Angaben, der darauf hinweist, daß der französische Seefahrer Gonneville an der brasilianischen Küste hölzerne Kochgeschirre der Eingeborenen fand, die mit einer Lehmschicht umkleidet waren; löste sich durch Zufall die Holzschale von der irdenen Umkleidung ab, so blieb ein Tongeschirr übrig. Der Deutsche Rau entdeckte am Mississippi in einer alten Töpferwerkstätte der Indianer Binsen und Weiden, die mit Ton ausgekleidet waren. Wurden sie erhitzt, so verbrannten die Holzbestandteile, und das tönerne Gefäß blieb zurück. Es scheint also, daß man durch die Verwendung von Ton hölzerne Gefäße und Geflechte wasserdicht machen wollte, nachdem man zuerst vielleicht nur ihre Fugen mit Ton ausgeschmiert hatte. Aus dem Gefäße löste sich beim Trocknen der Ton, und so erhielt man die ersten ungebrannten Keramiken. Fiel nun durch Zufall ein derartiges Gefäß in das Feuer, und verbrannte dabei das Holz, so mußte man erkennen, daß der Ton der Feuersglut nicht nur widerstand, sondern durch sie sogar härter und fester wurde. So dürfte schon in Urzeiten ein Zufall das Brennen der keramischen Gefäße gelehrt haben. Hierzu kamen noch weitere Umstände, die dazu führten, daß die Keramik eine der ältesten technischen Fertigkeiten werden mußte: Der Ton ist bildsam, „plastisch“. Wenn der Fuß des Menschen durch eine Tonschicht hindurchschritt, so mußte diese Eigenschaft auffallen. Man benutzte sie dann, um ihm durch Drücken und Kneten die gewünschte Gestalt zu geben. Später geschah die Formgebung mit Hilfe von Werkzeugen, unter denen das wichtigste die Töpferscheibe ist. Ihr Alter läßt sich heute nicht mehr feststellen. Sie kommt aber bei allen Völkern des Altertums vor und dürfte wahrscheinlich in Kleinasien oder Ägypten zuerst verwendet worden sein. Uralte von dort stammende Keramiken beweisen bereits

Digitized by Google

mit Kampf- und Flugzeugen, sowie mit Modellen der neuen Kampfwagen. Besonders interessant ist die Vorführung der Kampfwagen, die sich durch Wasser, Gräben und Hindernisse aller Art hindurchwinden.

Der Kampf um die Kanalbrücke bei Arras. Nach einem Gemälde von Prof. Richard Knötel.

Ein weiteres, sehr gutes und anschauliches Bild bietet die Ausstellung in dem Modell eines Schützengrabens, das in Lebensgröße hergestellt ist. Man sieht hier die Soldaten in ihren Unterständen, wie sie sich ausruhen, essen, trinken, schlafen, Briefe schreiben, Karten spielen, Gewehre reinigen, Munition verteilen, Patrouillen ausschicken, Verwundete verbinden, Gefangene abführen, Gefallene begraben usw. Ferner sieht man die Schützengräben mit Stacheldrahthindernissen, Minenwerfern, Maschinengewehren, Handgranaten, Gasmasken, Gasbomben, Leuchtkugeln, Signalapparaten, Telephonen, Scheinwerfern, Sappen, Minen, Unterständen, Kasematten, Beobachtungsständen, Schießscharten, Laufgräben, Verbindungsgräben, Kommandostellen, Sanitätsstellen, Munitionsdepots, Proviantlagern, Feldküchen, Latrinen, Wasserleitungen, Pumpen, Wasserbehältern, Feldbahnen, Eisenbahnen, Straßen, Brücken, Kanälen, Schleusen, Dämmen, Bahnhöfen, Lokomotiven, Eisenbahnwagen, Kraftwagen, Pferden, Geschützen, Munitionswagen, Feldschmieden, Wagenparks, Reparaturwerkstätten, Flugzeugen, Flugzeughallen, Ballons, Ballonhallen, Scheinwerfern, Flugabwehrkanonen, Flugabwehrmaschinengewehren, Flugabwehrgranaten, Flugabwehrgeschossen, Flugabwehrminen, Flugabwehrbomben, Flugabwehrraketen, Flugabwehrsperren, Flugabwehrnetzen, Flugabwehrballons, Flugabwehrscheinwerfern, Flugabwehrsignalen, Flugabwehrtelephonen, Flugabwehrtelegraphen, Flugabwehrfunkentelegraphen, Flugabwehrfunkentelephonen, Flugabwehrfunkenstationen, Flugabwehrfunkenmasten, Flugabwehrfunkenantennen, Flugabwehrfunkenempfängern, Flugabwehrfunkensendern, Flugabwehrfunkenwellen, Flugabwehrfunkenfrequenzen, Flugabwehrfunkenkanälen, Flugabwehrfunkenstörungen, Flugabwehrfunkenentstörungen, Flugabwehrfunkenpeilung, Flugabwehrfunkenortung, Flugabwehrfunkenleitung, Flugabwehrfunkenlenkung, Flugabwehrfunkensteuerung, Flugabwehrfunkenautomatik, Flugabwehrfunkenrelais, Flugabwehrfunkenverstärker, Flugabwehrfunkenröhren, Flugabwehrfunkenkristalle, Flugabwehrfunkendetektoren, Flugabwehrfunkenmikrophone, Flugabwehrfunkenlautsprecher, Flugabwehrfunkenkopfhörer, Flugabwehrfunkenbatterien, Flugabwehrfunkenakkumulatoren, Flugabwehrfunkenladegeräte, Flugabwehrfunkenmotoren, Flugabwehrfunkengeneratoren, Flugabwehrfunkenumformer, Flugabwehrfunkentransformatoren, Flugabwehrfunkenkondensatoren, Flugabwehrfunkenspulen, Flugabwehrfunkenwiderstände, Flugabwehrfunkenschalter, Flugabwehrfunkensicherungen, Flugabwehrfunkenmessgeräte, Flugabwehrfunkenprüfgeräte, Flugabwehrfunkenwerkzeuge, Flugabwehrfunkenersatzteile, Flugabwehrfunkenbücher, Flugabwehrfunkenzeitschriften, Flugabwehrfunkenkarten, Flugabwehrfunkenpläne, Flugabwehrfunkenskizzen, Flugabwehrfunkenzeichnungen, Flugabwehrfunkenbilder, Flugabwehrfunkenfotografien, Flugabwehrfunkenfilme, Flugabwehrfunkenvorträge, Flugabwehrfunkenkurse, Flugabwehrfunkenschulen, Flugabwehrfunkenlehrgänge, Flugabwehrfunkenprüfungen, Flugabwehrfunkenzeugnisse, Flugabwehrfunkenauszeichnungen, Flugabwehrfunkenmedaillen, Flugabwehrfunkenorden, Flugabwehrfunkenehrenzeichen, Flugabwehrfunkenehrenkreuze, Flugabwehrfunkenehrenmedaillen, Flugabwehrfunkenehr

Kleidung und ein Schwert trägt. Diese Figuren sind nicht bekleidet, sie tragen nur einen Mantel, der über die linke Schulter geworfen ist, und die Sandalen.

Fig. 1. Griechische Krieger.

Fig. 2. Griechischer Krieger.

und Schwert. Fig. 2. Ein Griechischer Krieger mit Helm, Schild und Schwert. Fig. 3. Ein Griechischer Krieger mit einer Lanze, Schild und Schwert.

Fig. 3. Griechischer Krieger.

Fig. 4. Griechischer Krieger.

Fig. 4. Ein Griechischer Krieger mit Helm, Schild und Schwert. Fig. 5. Ein Griechischer Krieger mit Helm, Schild und Schwert. Fig. 6. Ein Griechischer Krieger mit Helm, Schild und Schwert.

Fig. 5. Griechischer Krieger.

Fig. 6. Griechischer Krieger.

In Anbetracht der Schwierigkeiten, die sich dabei, wie ... ergeben, ist es keine Wunder, daß man sich nach einfacheren Methoden umsieht. Eine solche ist die Methode der Kreisbogen-Konstruktion.

Abb. 1. Konstruktion der Kreisbogen-Evolvente. Der Kreis mit dem Radius r_0 ist der Grundkreis, über dem sich der Faden abwickelt. Die Punkte P_1, P_2, P_3 ... sind die Mittelpunkte der Kreisbogen, die die Evolvente annähern. Die Punkte A_1, A_2, A_3 ... sind die Anschlußpunkte der Kreisbogen. Der Punkt A_0 ist der Anfangspunkt der Evolvente. Der Punkt A_n ist der Endpunkt der Evolvente. Der Punkt A_{n+1} ist der Endpunkt des letzten Kreisbogens.

Die Kreisbogen-Konstruktion ist eine Methode, die sich dadurch auszeichnet, daß sie mit einfachen Mitteln arbeitet. Sie ist besonders geeignet für die Konstruktion von Evolventen, die in der Technik häufig vorkommen. Die Methode besteht darin, daß man die Evolvente durch eine Reihe von Kreisbogen annähert. Die Mittelpunkte dieser Kreisbogen liegen auf dem Grundkreis, und die Anschlußpunkte der Kreisbogen liegen auf der Evolvente. Die Methode ist einfach und leicht zu verstehen. Sie ist besonders geeignet für die Konstruktion von Evolventen, die in der Technik häufig vorkommen.

Die Kreisbogen-Konstruktion

Die Kreisbogen-Konstruktion ist eine Methode, die sich dadurch auszeichnet, daß sie mit einfachen Mitteln arbeitet. Sie ist besonders geeignet für die Konstruktion von Evolventen, die in der Technik häufig vorkommen. Die Methode besteht darin, daß man die Evolvente durch eine Reihe von Kreisbogen annähert. Die Mittelpunkte dieser Kreisbogen liegen auf dem Grundkreis, und die Anschlußpunkte der Kreisbogen liegen auf der Evolvente. Die Methode ist einfach und leicht zu verstehen. Sie ist besonders geeignet für die Konstruktion von Evolventen, die in der Technik häufig vorkommen.

Konstruktion und Theorie

Die Kreisbogen-Konstruktion ist eine Methode, die sich dadurch auszeichnet, daß sie mit einfachen Mitteln arbeitet. Sie ist besonders geeignet für die Konstruktion von Evolventen, die in der Technik häufig vorkommen. Die Methode besteht darin, daß man die Evolvente durch eine Reihe von Kreisbogen annähert. Die Mittelpunkte dieser Kreisbogen liegen auf dem Grundkreis, und die Anschlußpunkte der Kreisbogen liegen auf der Evolvente. Die Methode ist einfach und leicht zu verstehen. Sie ist besonders geeignet für die Konstruktion von Evolventen, die in der Technik häufig vorkommen.

klärlich macht, warum sich diese Ziegel mit dem Messer schneiden lassen. Die jetzige Brenntemperatur beträgt etwa 1000 Grad. Über die Ausgestaltung der altbabylonischen Brennöfen war man lange Zeit hindurch vollkommen im unklaren, bis Hilbrecht bei den Ausgrabungen in Nippur zum erstenmal einen aus dem Jahre 200 v. Chr. stammenden derartigen Ofen aufdeckte. Hier ist die Trennung von Feuerraum und Brennraum bereits durchgeführt, und zwar in einer sehr eigenartigen Weise. Während sich nämlich bei vielen antiken Brennöfen und auch bei dem bereits erwähnten „Kasseler Ofen" der Brennraum seitwärts vom Feuerraume befindet, steht er hier darüber. Die Decke des Feuerraumes ist mit einer Anzahl von Schlitzen versehen, durch die die Flammen hindurchschlugen und heiße Gase hindurchtraten. Die zu brennenden Tonwaren standen auf diesen ziemlich langen Schlitzen. Auf ihnen dürften wohl auch die Ziegel gebrannt worden sein, zu deren Herstellung man, wie Herodot berichtet, den Ton verwendete, der sich bei Aushebung des Stadtgrabens von Babylon ansammelte. Herodot, der, wie Friedrich Delitzsch nachgewiesen hat, in Babylonien gewesen ist und deshalb hier als zuverlässig gelten kann, schreibt: „Als sie (die Babylonier) den Graben machten, strichen sie gleich Ziegel aus der Erde, die aus dem Graben geworfen ward, und wie sie eine hinlängliche Zahl von Ziegeln gefertigt, brannten sie dieselben in Ziegelöfen, und dann nahmen sie zum Mörtel heißes Erdharz". Diese letztere Bemerkung beweist, daß man damals schon die Porosität dieser Ziegel gut auszunützen verstand, da ein nicht poröser Ziegel sich mit Erdharz (Asphalt) kaum so fest mit anderen Ziegeln verbinden läßt, wie dies bei den altbabylonischen Bauten der Fall ist. Auch das große Stadttor von Nippur, das vielleicht um das Jahr 3000 v. Chr. hergestellt wurde, ist in der erwähnten Weise sehr fest aus Backsteinen gebaut, die mit Erdharz verbunden sind.

Ganz besondere Bewunderung erregte es, als man im Jahre 1851 auf den Ruinen Babylons Brocken von Ziegelsteinen fand, deren Form und Glasierung darauf schließen ließ, daß sie zu den Figuren großer Löwen gehörten. Der Prophet Ezechiel sowohl wie auch der griechische Schriftsteller Diodor erzählen von den herrlichen Tongestalten, mit denen die Mauern Babylons geschmückt, und auf denen Löwen- und Tigerjagden dargestellt waren. Inzwischen hat man diese prachtvollen Terrakotten wieder aufgefunden, die die Farben Dunkelblau, Hellblau, Weiß, Gelb, Grün, sowie als Umriß Schwarz zeigen. Es ist auch gelungen, sich eine Vorstellung von der technischen Ausführung dieser Kunststücke zu machen. Das Verfahren war allerdings etwas umständlich, denn da die Ziegel beim Brennen schwanden, so lief man Gefahr, daß, wenn man sie vorher formte, färbte und glasierte, sie hinterdrein nicht zusammenpaßten. Man verfuhr deshalb in folgender Weise:

Die Ziegel wurden gebrannt, und zwar in keilförmiger Gestalt. Dadurch erreichte man, daß die äußere Fuge dicht schließen mußte. Dann mauerte man sie auf. Hierauf erst wurden die Umrißlinien aufgemalt, und zwar mit einem Stoffe, der nach dem Brande rot wurde. Selbst bei ungenauer Vermauerung blieb auf diese Weise die Zeichnung gleichmäßig. Hierauf wurden die Steine markiert und das Ganze wieder abgetragen. Nun erst erfolgte die Anbringung der Glasuren innerhalb der Umrißlinien und das nochmalige Brennen des Steines, bei dem dieser nicht mehr schwand, und wobei sich nur die Glasur einbrannte. Dann wurde das Ganze wieder aufgemauert, wobei die vorher angebrachten Marken über die Stelle Aufschluß gaben, wohin jeder einzelne Stein gehörte. Die großen Löwen in der Prozessionsstraße des Nebukadnezar, die 90 cm hoch und 195 cm lang sind, wurden jedenfalls zunächst vom Bildhauer in eine Form gedrückt oder gemeißelt, in der sie sich dann als „Negativ" darstellten, so daß also später erhabene Teile vertieft und vertiefte erhaben

erschienen. In diese Form wurde dann der zur Herstellung der Ziegel dienende Ton hineingedrückt, so daß eine Tonplatte entstand, die das Positiv enthielt. Diese große Tonplatte wurde dann in einzelne Teile zerschnitten. Es entstanden Ziegel, die man in der schon geschilderten Weise markierte und dann brannte.

Eine Art von Massenfabrikation derartiger riesiger plastischer keramischer Kunstwerke stellen die 12 Krieger dar, die man in der alten persischen Hauptstadt Susa auffand und von denen immer mehrere einander so genau gleichen, daß man deutlich erkennt, sie wurden nach derselben Form hergestellt. Hier wurde zuerst die Mauer, auf der sie sich befinden, aufgemauert. Dann wurden die Kriegertypen darauf modelliert. Das Modell wurde so zerschnitten, wie es die Fugen der darunterliegenden Steine der Mauer vorzeichneten. Dann formte man jeden so entstandenen Ziegel, nachdem man ihn abgedrückt und dadurch ein Negativ geschaffen hatte, einzeln so oft ab, als man ihn brauchte. Die Umrißlinien wurden auf die Formziegel mit Ton erhaben aufgebracht, so daß sie sich im Negativ vertieft, im richtigen Ziegel wieder erhaben zeigten. So bildeten sich auf dem eigentlichen Ziegel Kassetten, in die die Glasur eingefüllt wurde, und innerhalb deren sie beim Brennen verlief. Die Herstellung des auf diese Weise angefertigten erhabenen 11 m langen Frieses geschah um die Wende des 5. Jahrhunderts v. Chr. Ähnliche Plastiken finden sich auch in Babylonien, wie z. B. die Tierornamente an der Triumphpforte von Istar.

In der eben erwähnten Stadt Susa wurden Terrakottagefäße gefunden, die uns über die Herstellung und Zusammensetzung altpersischer häuslicher Gerätschaften Aufschluß geben. Sie sind aus mergelhaltigem Ton angefertigt, ziemlich roh geformt und außen nicht geglättet. Auf einzelnen finden sich schwarze Ornamente, die einfach mit dem Pinsel auf den rohen Ton aufgetragen wurden. Erst im Feuer entstand die schwarze Farbe, die jedoch keinerlei Glanz aufweist. Die Brenntemperatur wird von Granger auf etwa 1000 Grad Celsius geschätzt. Die chemische Zusammensetzung der Gefäße ist die folgende (nach Granger):

Tonsubstanz	28,57%
Sand u. dgl.	27,10%
Kalk	37,58%
Feuchtigkeit	2,70%
Gebundenes Wasser	4,05%

Ägypter.

Die keramische Technik der Ägypter ähnelt in ihren Hauptzügen sehr der eben besprochenen der Babylonier, Assyrer, Perser usw. usw. Wenn Herodot (II 136) von der Ziegelpyramide des Königs Asychis erzählt, daß sie die Inschrift trage: „Halte mich nicht gering in Vergleich mit den steinernen Pyramiden, denn ich bin so weit über ihnen, als Zeus über den anderen Göttern. Denn sie steckten eine Stange tief in einen Sumpf hinein, und was da hängen blieb von Schlamm an der Stange, das sammelten sie und strichen Ziegel daraus. Und auf diese Art haben sie mich gebaut", so ist diese Schilderung der Tongewinnung gewiß bemerkenswert, sie ist jedoch wohl kaum die einzig gebräuchliche gewesen. Im übrigen geben uns die erhaltenen bildlichen Darstellungen wie die beistehende, die aus dem Jahre 2000 v. Chr. stammt, hinreichenden Aufschluß über die Art und Weise, wie man in Ägypten Ziegel

Südsee. 1886 bis 1914 als Handelsgebiet für sich betrachtet, Berlin 1914. Ferner: Deutsche Arbeit in der Südsee, Berlin 1914. Ferner: Deutsche Arbeit in der Südsee, Berlin 1914.

Abb. 1. Die Hafenanlagen von Apia. Im Vordergrund die Landungsbrücke, rechts das Zollhaus, links das Gouvernementsgebäude, im Hintergrund die Stadt Apia.

Mit Beginn unserer Kolonialherrschaft wurden die Südsee-Gesellschaften gegründet, die sich mit dem Handel in diesen Gebieten befaßten. Die bedeutendste unter ihnen war die Deutsche Handels- und Plantagen-Gesellschaft der Südsee-Inseln zu Hamburg, die 1879 gegründet wurde und ihren Sitz in Hamburg hatte. Sie besaß Niederlassungen auf Samoa, Neu-Guinea, den Marshall-Inseln, den Gilbert-Inseln, den Karolinen, den Palau-Inseln, den Marianen und den Salomon-Inseln. Ihre Hauptniederlassung befand sich in Apia auf Samoa. Sie hatte dort ein großes Kontor, Lagerhäuser, Werkstätten, Wohnhäuser für ihre Beamten und Arbeiter und eine Landungsbrücke. Ihre Hauptniederlassung auf Neu-Guinea war Herbertshöhe, wo sie ebenfalls ein großes Kontor, Lagerhäuser, Werkstätten, Wohnhäuser für ihre Beamten und Arbeiter und eine Landungsbrücke besaß. Auf den Marshall-Inseln hatte sie ihre Niederlassung in Jaluit, auf den Gilbert-Inseln in Apaiang, auf den Karolinen in Ponape, auf den Palau-Inseln in Koror, auf den Marianen in Saipan und auf den Salomon-Inseln in Tulagi. Außerdem hatte sie Niederlassungen auf Nauru, Ocean Island, Fanning Island, Penrhyn Island, Suwarrow Island, Manihiki, Rakahanga, Nassau Island, Pukapuka, Nukumanu, Tasman Island, Lord Howe Island, Norfolk Island, Neu-Kaledonien, Neu-Hebriden, Fidschi-Inseln, Tonga-Inseln, Niue, Cook-Inseln, Gesellschafts-Inseln, Tuamotu-Archipel, Marquesas-Inseln, Tubuai-Inseln, Pitcairn Island, Ducie Island, Oster-Insel, Hawaii-Inseln, Neu-Seeland, Neu-Süd-Wales, Queensland, Neu-Guinea, Neu-Britannien, Neu-Irland, Admiralitäts-Inseln, Neu-Mecklenburg, Bougainville, Buka, Ontong Java, Sumatra, Java, Singapore, Penang, Hongkong, Schanghai, Yokohama, Kobe, Nagasaki, Tientsin, Manila, Iloilo, Cebu, Zamboanga, Sandakan, Labuan, Batavia, Padang, Sabang, Colombo, Aden, Suez, Port Said, Alexandria, Neapel, Genua, Marseille, Barcelona, Gibraltar, Lissabon, Antwerpen, Rotterdam, Amsterdam, London, Liverpool, Hull, Leith, Kopenhagen, Stockholm, Helsingfors, Petersburg, Libau, Danzig, Stettin, Swinemünde, Lübeck, Bremen, Hamburg, Emden, Harburg, Cuxhaven, Brake, Geestemünde, Vegesack, Nordenham, Elsfleth, Oldenburg, Leer, Papenburg, Rheine, Osnabrück, Minden, Hannover, Braunschweig, Magdeburg, Berlin, Dresden, Leipzig, Chemnitz, Zwickau, Plauen, Nürnberg, Fürth, Augsburg, München, Ulm, Stuttgart, Karlsruhe, Mannheim, Frankfurt a. M., Wiesbaden, Mainz, Koblenz, Köln, Düsseldorf, Duisburg, Ruhrort, Krefeld, Mönchengladbach, Aachen, Saarbrücken, Metz, Straßburg, Basel, Zürich, Bern, Genf, Lausanne, Montreux, Luzern, Interlaken, Brienz, Thun, Meiringen, Engelberg, Andermatt, Chur, Davos, St. Moritz, Bellinzona, Lugano, Locarno, Como, Mailand, Venedig, Triest, Wien, Prag, Budapest, Bukarest, Konstantinopel, Smyrna, Beirut, Haifa, Jaffa, Jerusalem, Port Said, Suez, Kairo

andere. Sie rühren von Brongniart her, der sie in seinem „Traité des Arts Céramiques" zum erstenmal gebraucht. Von hier aus sind sie in den archäologischen Sprachschatz übergegangen, obschon sie sich weder vom technischen noch vom chemischen Standpunkt aus rechtfertigen lassen. Diese Pseudo-Keramiken enthalten nämlich Ton überhaupt nicht als wesentlichen Bestandteil. Sie bestehen vielmehr aus Sand, dem eine geringe Menge Ton zugesellt ist. Die von William Burton ausgeführten Analysen beweisen, daß das Material zu diesen Gefäßen im allgemeinen etwa 94% Sand und bis zu 2% Ton enthält. Der Rest besteht aus zufälligen Beimengungen, in erster Linie aus Kalk und Magnesia. Da die in diesen Gefäßen enthaltene geringe Menge von Ton nicht ausreicht, um den Sand so weit zu binden, daß daraus eine plastische und daher formbare Masse entsteht, so nimmt Burton an, daß die alten Ägypter als Material zur Anfertigung ihrer glasierten farbigen Gefäße natürlichen Sandstein verwendeten, der zufällig einen geringen Tongehalt aufwies. Die Töpferscheibe kam überhaupt nicht zur Anwendung, der Sandstein wurde vielmehr ausgehöhlt.

Abb. 199.
Sog. „Glasierte Fayence" oder „Ägyptisches Porzellan".
Distel, wohl von einer Kette. Oben und unten eine Öse. Stiel und Kelch grün, das andere dunkelblau. Höhe 2,1 cm.
Fundort Theben.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Für die Richtigkeit des einstigen tatsächlichen Bestehens dieser höchst eigenartigen altägyptischen Technik führt Burton auf Grund seiner eingehenden Forschungen eine ganze Anzahl von Beweisen an. Zunächst finden sich in den ältesten ägyptischen Gräbern kleine Kügelchen, Anhänger an Halsbänder u. dgl., die gleichfalls aus Stein, und zwar aus härterem als Sandstein geschnitten und glasiert sind. (Abb. 199.) Durch Untersuchungen mit Hilfe des Polarisationsmikroskopes konnte Burton des weiteren feststellen, daß die Grundmasse dieser Gefäße tatsächlich aus Sandstein oder aus einer quarzitischen Felsart besteht. Die Technik wurde von der 18. Dynastie (1550 v. Chr.) an etwa 1500 Jahre hindurch unverändert ausgeübt. Burton schlägt deshalb für diese Gefäße den Namen „altägyptisches Kieselgeschirr" oder „Quarzgeschirr" vor. Da der Sandstein nur geringe Festigkeit hat, so wird die Festigkeit des Kieselgeschirrs lediglich durch die Glasur bedingt. Die Glasuren bestehen aus Alkalisilikaten und Kalk, sind zum größten Teil von schöner blauer Farbe und enthalten dann als Farbstoff Kupferoxyd. Auf gewöhnlicher Töpferware lassen sie sich überhaupt nicht anbringen, da sie darauf nicht glatt fließen; nur auf kieselsäurehaltigem Material entsteht eine schöne glatte Oberfläche. Erst später, als die Römer bereits in Ägypten eingedrungen waren, lernte man, derartige Glasuren auch auf Tongeschirr anzubringen. Man wendete hierbei den Kunstgriff an, daß man zwischen dem Ton und der Glasur eine an Kieselsäure reiche Engobeschicht auflegte. Polychrome Glasuren treten an den ägyptischen Kieselgefäßen erst später auf und entwickeln sich unter der Römerherrschaft zu ihrer

Abb. 200.
Sog. „Glasierte Fayence" oder „Ägyptisches Porzellan".
Kinderpuppe. Blaue Glasur. Länge 0,135 m.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

Digitized by Google

Bildern hübsch zu sein. Ein Gemäldeschutz, der sowohl wirksam wie ästhetisch sein soll, muß also vor allem unsichtbar sein. Das ist das Prinzip, das Professor Dr. Hans Schmidt-Lindau, der Direktor der Kunstsammlungen der Stadt Leipzig, bei seinem Schutzglas befolgt hat. Es ist ein Glas, das nicht nur die Lichtstrahlen, sondern auch die Ultraviolett- und Infrarotstrahlen durchläßt. Diese Strahlen, die Farben und Materialien verändern, sind also für das Bild unschädlich. Das Glas ist so dünn, daß es sich dem Bilde anschmiegt, und es ist so gut, daß es nicht stört.

Abb. 1. Ein Bild ohne Schutzglas. Die Lichtreflexe stören.

Abb. 2. Ein Bild mit Schutzglas. Die Lichtreflexe sind verschwunden.

Damit ist, wie Abb. 1 und 2 beweisen, der Zweck erfüllt. Es ist kein Bild mehr zu sehen, sondern nur noch das Bild. Das Glas ist nicht mehr vorhanden, es ist unsichtbar geworden.

Professor Dr. Schmidt-Lindau hat sein Glas nicht nur für Gemälde, sondern auch für Zeichnungen, Aquarelle, Pastelle, Stiche, Radierungen, Lithographien, Photographien und Drucksachen aller Art verwendet. Es ist überall gleich gut. Es ist ein Glas, das nicht nur die Lichtstrahlen, sondern auch die Ultraviolett- und Infrarotstrahlen durchläßt. Diese Strahlen, die Farben und Materialien verändern, sind also für das Bild unschädlich. Das Glas ist so dünn, daß es sich dem Bilde anschmiegt, und es ist so gut, daß es nicht stört.

die Römer. Aus Ägypten haben dann später, in nachrömischer Zeit, die Araber diese Kunst nach Spanien gebracht, von wo sie auf das übrige Europa überging.

Eine viel erörterte Frage ist die, ob die alten Ägypter Porzellan hergestellt haben. Diese Frage ist — und zwar wahrscheinlich auf Grund der oben erwähnten Brongniartschen Benennung — vielfach bejaht worden. Nun findet sich tatsächlich in Ägypten Porzellan. Es hat sich jedoch feststellen lassen, daß es durchweg aus China stammte, und daß es von dort aus — wahrscheinlich sogar erst ziemlich spät — in Ägypten eingeführt worden ist. Le Chatelier behauptet nun, daß es tatsächlich echtes ägyptisches Porzellan gäbe. Ein aus der Morganschen Sammlung stammendes Stück hat er untersucht und dabei genau dieselbe Zusammensetzung gefunden, die auch heute noch das weiße Porzellan von Sèvres zeigt. Die Analyse ergab:

Kieselsäure	88,6%
Aluminiumoxyd	1,4%
Eisenoxyd	0,4%
Kalk	2,1%
Natron	5,8%
Kupferoxyd	1,7%
	100,0%

Es gelang Le Chatelier, die gleiche Masse auf künstlichem Wege wieder zu erzeugen, wobei eine Brenntemperatur von 1050 Grad zur Anwendung kam. Im übrigen ist es ja bekannt, daß das Porzellan eine Erfindung der Chinesen ist. Wann diese Erfindung gemacht wurde, konnte bis jetzt nicht klargestellt werden. So alt jedoch, wie man früher glaubte, ist die Kenntnis des Porzellans keineswegs. Mit Sicherheit ist sie bei den Chinesen erst ungefähr seit dem Jahre 600 n. Chr. nachzuweisen, obschon gewisse Anzeichen dafür sprechen, daß die ersten Porzellangegenstände in China vielleicht um 200 v. Chr. hergestellt worden sind. Über die altchinesische Porzellantechnik ist wenig bekannt. Neuere Untersuchungen des japanischen Gelehrten Hirano haben wenigstens so viel ergeben, daß sich die Form des altchinesischen Porzellanofens vereinzelt noch jetzt zeigt. Es handelt sich um Kammeröfen, die aus drei oder mehreren Kammern bestehen und an einer Berghalde ansteigend derart errichtet sind, daß eine Kammer immer etwas höher liegt als die andere. Dadurch wird der zum Brennen nötige Zug erzeugt und die Errichtung eines Schornsteins erspart, der entweder überhaupt nicht vorhanden ist, oder sich, nur sehr niedrig gehalten, an die letzte Kammer anschließt. (Abb. 203.) Zum Aufbrennen der Glasur ist wahrscheinlich ein besonderer Ofen verwendet worden.

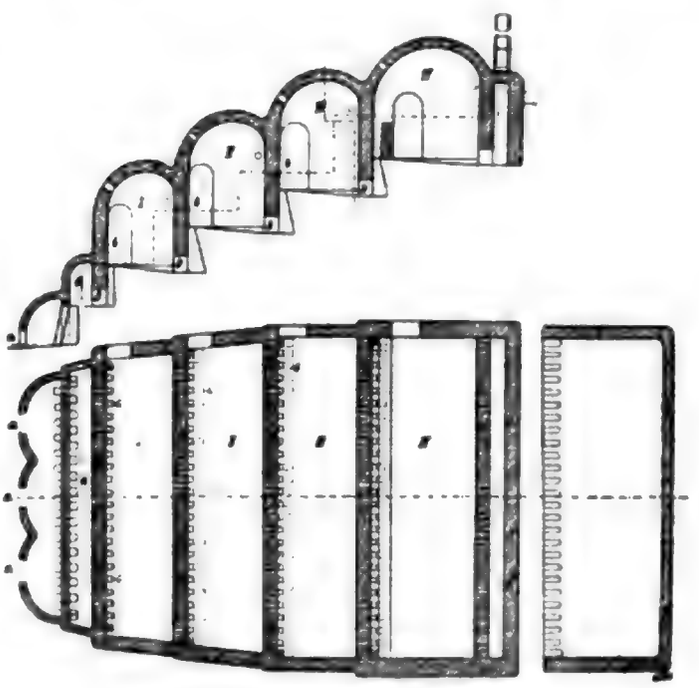


Abb. 203. Altchinesischer Kammerofen.

Griechen.

Ihre höchste Blüte erreichte die Keramik des Altertums in Griechenland. Hier entwickeln sich Form und Aussehen ihrer Produkte zur höchsten Vollkommenheit, hier werden der Ton und das aus ihm hergestellte Erzeugnis ein willkommenes Feld künstlerischer Betätigung. Alle übrigen Künste stellen sich in den Dienst der keramischen Industrie, ja sie gehen sogar aus dieser hervor; behauptet doch die griechische Sage, daß die Malerei sowohl wie die Plastik in der Werkstatt des Töpfers Butades erfunden worden seien. In dieser Sage liegt sicherlich ein Körnchen Wahrheit, wenigstens soweit es sich um ein ganz bestimmtes Gebiet der Plastik, um den Erzguß, handelt. Ehe man den Ton zu formen und zu brennen verstand, konnte man auch keine aus Erz gegossenen Kunstwerke herstellen. Die Technik des Erzgusses bedingt, daß ihm die der Keramik als Leiterin und Führerin vorangegangen sein mußte. Zwischen dem griechischen und dem römischen Wandgemälde und der griechischen Vasenmalerei ergeben sich enge Beziehungen. Die Gefäßmaler der Hellenen werden für die Bemalung der Friese, ja sogar zur Herstellung von Gemälden vorbildlich.

Bei der Betrachtung der griechischen Vasen, die den Gipfel althellenischer keramischer Kunst darstellen, muß man zwei Standpunkte scharf auseinanderhalten: den künstlerischen und den technischen. So vollendet nun diese Vasen auch in künstlerischer Hinsicht sind, so wenig hoch stehen sie in technischer da. Auch in Griechenland blickt die Keramik auf ein hohes Alter zurück. Die ältesten Ausgrabungen, vor allem die von Schliemann in Troja, die von Mykenae usw., förderten zahlreiche Tongefäße zutage. Aber schon vor Schliemann, in den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts, fand man in Etrurien zahlreiche Vasen, die man wegen ihres Vorkommens auf etruriſchem Boden für Erzeugnisse der Etrusker hielt. Erst weitere Ausgrabungen ließen erkennen, daß es sich hier um griechische Erzeugnisse handelt. Seitdem hat man derartige Vasen in ungeheuren Mengen an zahlreichen Fundstätten ausgegraben, so daß man jetzt über ein reichliches Material verfügt. Unendlich groß ist die Zahl der Veröffentlichungen über sie, doch findet darin die griechische Vase ihre Beurteilung fast durchweg vom archäologischen und künstlerischen Standpunkt. Der technische wird weniger gewürdigt. Erst in neuerer Zeit hat man sich auch von seiten der Techniker eingehender mit der altgriechischen Keramik beschäftigt. Es zeigte sich hierbei, wie oben schon angedeutet, daß die technischen Verfahren nicht immer sehr vollkommene waren. Vor allem erzielte man keine sehr hohe Brenntemperatur, und infolgedessen bleibt der Ton für viele Zwecke zu porös. Er sinterte nicht genügend zusammen, die Glasur wird also zunächst nicht zur Verschönerung aufgebracht, sondern sie ist ein notwendiges Hilfsmittel, das vor allem dem Zwecke dient, das Gefäß dicht zu machen, ihm eine Undurchdringlichkeit zu verleihen, die es an und für sich vielleicht nicht besitzt. Aus der Not wird dann eine Tugend: die Glasur und mit ihr zusammen die Bemalung erfahren eine hohe künstlerische Vollkommenheit. Im allgemeinen sind die griechischen Vasen von schwarzer, brauner oder roter Farbe und zunächst nur mehr oder minder stark poliert. Am Ende des 3. Jahrhunderts v. Chr. erscheint auf ihnen die Glasur. Die Porosität ist oft eine so hohe, daß sie die Notwendigkeit einer Glasur erklärlich macht, denn wenn sich auch Wasser — ähnlich wie in der ägyptischen Gullah — in manchen dieser Gefäße sehr frisch erhalten haben dürfte, so dürften sie doch wieder für manche anderen Zwecke nicht geeignet gewesen sein. Die Töpferscheibe ist von den ältesten Zeiten an im Gebrauch; schon Homer erwähnt sie, vergleicht

Digitized by Google

Mit Beginn des 2. Weltkrieges (Sept. 1939) hatte die Luftwaffe 1.180 Maschinen, die Marine 36 Flugzeuge und das Heer 1.200 Maschinen. Diese Zahlen verdoppelten sich in den Jahren 1940 und 1941 und erreichten 1942 ihren Höhepunkt.

Während des Krieges wurden 40.000 Flugzeuge hergestellt. Die Luftwaffe hatte 1944 ihre Stärke auf 8.000 Maschinen gebracht, aber nur 3.000 waren einsatzbereit.

Messerschmitt Me 262 A-1a Schwalbe

Messerschmitt Me 262 A-1a Schwalbe

Me 262 – Die Me 262 war das erste Düsenflugzeug der Welt, das in Serie ging. Es war ein Jagdflugzeug mit Pfeilflügeln und Turbinenantrieb. Die Me 262 war schneller als alle Flugzeuge der Alliierten. Sie hatte eine Höchstgeschwindigkeit von 870 km/h und eine Reichweite von 1.050 km. Sie war mit vier 30-mm-Kanonen bewaffnet und konnte eine Bombenlast von 1.000 kg tragen. Die Me 262 wurde ab Juli 1944 eingesetzt.

Messerschmitt Me 262 A-1a Schwalbe

Messerschmitt Me 262 A-1a Schwalbe

Me 163 – Die Me 163 war ein Raketenjäger mit Pfeilflügeln. Sie hatte eine Höchstgeschwindigkeit von 960 km/h und eine Reichweite von 80 km. Sie war mit zwei 30-mm-Kanonen bewaffnet und konnte eine Bombenlast von 1.000 kg tragen. Die Me 163 wurde ab Juli 1944 eingesetzt.

Welt. Es sind vielerlei Kennzeichen. Manche deuten, wie schon Otto Weiß, das Ende des Kapitalismus, andere, wie Oswald Spengler, den Untergang des Abendlandes. Ich bin der Meinung, daß wir uns in einer Übergangsperiode befinden, in der sich die Kräfte, die die Zukunft gestalten werden, noch nicht klar herausgebildet haben. Wir sehen, daß die Kräfte, die die Vergangenheit gestaltet haben, ihre Bedeutung verlieren, aber wir sehen noch nicht, was an ihre Stelle treten wird. Wir sehen nur, daß sich eine Umwälzung vorbereitet, und wir sehen, daß sich diese Umwälzung in einer Weise vorbereitet, die uns nicht gefällt.

Abb. 10. Otto Weiß (1872–1928)

Schuld an dem Elend der Welt ist nach meiner Meinung der Kapitalismus. Er hat die Menschen zu Sklaven gemacht, er hat sie in Not und Elend gestürzt, er hat sie zu Barbaren gemacht. Er hat sie zu Barbaren gemacht, weil er sie zu Sklaven gemacht hat. Er hat sie zu Barbaren gemacht, weil er sie in Not und Elend gestürzt hat. Er hat sie zu Barbaren gemacht, weil er sie zu Sklaven gemacht hat, weil er sie in Not und Elend gestürzt hat, weil er sie zu Barbaren gemacht hat.

Der Kapitalismus ist schuld an dem Elend der Welt. Er hat die Menschen zu Sklaven gemacht, er hat sie in Not und Elend gestürzt, er hat sie zu Barbaren gemacht. Er hat sie zu Barbaren gemacht, weil er sie zu Sklaven gemacht hat. Er hat sie zu Barbaren gemacht, weil er sie in Not und Elend gestürzt hat. Er hat sie zu Barbaren gemacht, weil er sie zu Sklaven gemacht hat, weil er sie in Not und Elend gestürzt hat, weil er sie zu Barbaren gemacht hat.

Der Kapitalismus ist schuld an dem Elend der Welt. Er hat die Menschen zu Sklaven gemacht, er hat sie in Not und Elend gestürzt, er hat sie zu Barbaren gemacht. Er hat sie zu Barbaren gemacht, weil er sie zu Sklaven gemacht hat. Er hat sie zu Barbaren gemacht, weil er sie in Not und Elend gestürzt hat. Er hat sie zu Barbaren gemacht, weil er sie zu Sklaven gemacht hat, weil er sie in Not und Elend gestürzt hat, weil er sie zu Barbaren gemacht hat.

die der der griechiſchen Gefäße vollkommen gleicht, und die auch ihre bekannten bläulichen bis grünlichen Reflexe aufweiſt. (Weiteres über die Chemie ſchwarzer Glaſuren ſiehe Seite 152.)

Sehen wir von den gewöhnlichen Gebrauchsgegenſtänden ab, die ſich von denen anderer alter Völker nicht unterſcheiden, ſo finden wir als ein ganz ſpezielles Erzeugnis der griechiſchen Keramik noch die ſogenannten „Tanagrafiguren", die ihren Namen von der Stadt Tanagra in Böotien führen, wo man ſie im Jahre 1874 in der Nekropole auf dem Kokkalihügel zuerſt auffand. Dieſe hübſchen Figuren beſtehen aus einer rohen gebrannten Maſſe, die mit Leimfarben bemalt iſt. Ihre techniſche Herſtellung geſchah in der Weiſe, daß der Bildhauer zunächſt ein Modell ſchuf, das man in eine Form aus Gips oder Ton abdrückte, ſo daß zwei gut aufeinander paſſende Negative entſtanden. Dann wurden die beiden Hohlräume mit Ton ausgefüllt und aufeinandergepreßt. Es entſtand ſo eine plaſtiſche Figur, die rings herum, und zwar da, wo die Hohlformen zuſammenſtießen, mit einer „Naht" umgeben war. Dieſe Naht wurde mit Hilfe eines Holzſpachtels entfernt. Dann wurde die Figur gebrannt und mit Leimfarben bemalt.

Trotzdem man in Griechenland ſo zahlreiche und ſo mannigfache Keramiken herſtellte, darunter ſogar ſehr große Stücke, wie Amphoren und Verzierungen für die Faſſade von Häuſern, hat man merkwürdigerweiſe bis vor kurzer Zeit über das Brennen faſt nichts gewußt. Auf Vaſen findet man zwar die Darſtellung altgriechiſcher Öfen, auf denen Arbeiter zu ſehen ſind, die durch Öffnungen in den Ofen hineinſehen und dabei, um ſich vor der Glut zu ſchützen, die Hand vor das Geſicht halten. Öfen ſelbſt hat man jedoch lange Zeit nicht gefunden. Erſt vor kurzem hat man zu Mykenae Brennöfen aufgedeckt, die in ihren Grundzügen den römiſchen gleichen, von denen ſie ſich jedoch dadurch unterſcheiden, daß der in der Mitte aufragende Pfeiler, der das Deckengewölbe trägt, nicht eckig, ſondern rund iſt. (Siehe Seite 151.)

Römer.

Die Keramik der Römer iſt vielfach von der der Griechen beeinflußt worden. Sie unterſcheidet ſich von dieſer im großen und ganzen zunächſt nicht ſehr weſentlich, wie ja überhaupt durch die Keramik des ganzen Altertums ein großer gemeinſchaftlicher Zug geht, deſſen Merkmale wir am Eingange dieſes Abſchnittes ausführlich ſchilderten. Später haben ſich dann in der römiſchen Keramik, wie in der anderer Völker ja auch, beſondere Eigenarten herausgebildet, von denen einzelne nicht einmal auf der italieniſchen Halbinſel bodenſtändig ſind. Als Beiſpiel hierfür ſei das in den galliſchen und rheiniſchen Provinzen des römiſchen Reiches ausgeübte Barbotine-Verfahren erwähnt, das man in Rom und Italien nicht kennt. Erſt neuerdings hat man entdeckt, daß es auch in Ägypten und Kleinaſien bekannt war. Es beſteht darin, daß man den Ton ſehr fein ſchlämmt und durch Anrühren mit Waſſer einen dünnen Schlicker erzeugt. Dieſer wird dann in einen mit einer feinen Ausflußöffnung verſehenen Trichter eingefüllt und läuft aus dieſem in dünnem Strahle auf die zu verzierenden Tongefäße. Auf dieſe Weiſe entſtehen dann auf den Tonwaren erhabene Verzierungen. Es handelt ſich alſo hier um dasſelbe Verfahren, das auch jetzt noch die Zuckerbäcker anwenden, um ihre Torten uſw. mit Verzierungen der verſchiedenſten Art, Inſchriften u. dgl. zu verſehen. Während man im Anfange nur einfache Ornamente wie Kreiſe u. dgl. anbringt, werden ſpäter nach dem Barbotineverfahren wahre Prachtſtücke geſchaffen, auf denen ganze Jagdſzenen uſw. zu ſehen ſind.

Digitized by Google

Ein weiter Bronze-Fund wurde 1908 in Ostrowo gemacht. Es enthielt 2 Schwerter, 1 Lanzenspitze, 1 Messer, 1 Sichel, 1 Beil, 1 Meißel, 1 Pfeilspitze, 1 Nadel, 1 Armring, 1 Halsring, 1 Gürtelhaken, 1 Gürtelblech, 1 Bronzeblech, 1 Bronzeklumpen, 1 Bronzeschlacke, 1 Tonscherbe und 1 Feuerstein.

Abb. 1. Bronzegefäß aus Ostrowo. Nat. Größe.

Ein Bronzegefäß (Abb. 1) wurde 1909 in Ostrowo gefunden. Es ist 0,14 m hoch und hat einen Durchmesser von 0,13 m. Der Boden ist flach, der Rand ist nach außen umgebogen. Das Gefäß ist mit Ornamenten verziert, die aus Punkten und Linien bestehen. Es ist ein Exemplar der Lausitzer Kultur.

Ein Bronzefund wurde 1909 in Ostrowo gemacht. Er enthielt 1 Schwert, 1 Lanzenspitze, 1 Messer, 1 Sichel, 1 Beil, 1 Meißel, 1 Pfeilspitze, 1 Nadel, 1 Armring, 1 Halsring, 1 Gürtelhaken, 1 Gürtelblech, 1 Bronzeblech, 1 Bronzeklumpen, 1 Bronzeschlacke, 1 Tonscherbe und 1 Feuerstein.

sich zum Teil in die Hunderttausende belaufen, sind für diese Versuche aufgewendet worden, bei denen man sogar so weit ging, daß man die alten Tonlager und die alten Handwerkszeuge, die bei Ausgrabungen gefunden worden waren, benutzte. Die eingehendsten wissenschaftlichen Untersuchungen wurden angestellt, um hinter die Sache zu kommen. Wie sorgfältig man in dieser Hinsicht verfuhr, hierfür ein Beispiel: Mancher der von den alten Römern verwendeten Tone enthält mikroskopisch kleine Teilchen von Magneteisenerz. Dieses nimmt während des Brennens eine bestimmte Lage an, indem das eine Ende seiner winzigen Splitterchen in ähnlicher Weise wie die Magnetnadel des Kompasses nach dem magnetischen Nordpol der Erde zeigt. Man hat nun aus der Lage dieser Splitterchen von eingeschlossenem Magneteisenerz die Herstellungsstätte der Gefäße sowie die Temperaturen, bei denen der Brand stattfand, festzustellen versucht — kurzum, es wurde nichts unterlassen, was irgendwie auf die Spur hätte führen können. (Über dieses Magneteisenerz s. auch Seite 153.)

Wie mit so vielen Dingen, so ging es auch hier. In einem in der Vereinigung der Saalburgfreunde zu Berlin im Jahre 1907 gehaltenen Vortrage sprach Diergart das prophetische Wort aus: „Mit der Lösung des Rätsels der terra sigillata wird es gehen wie mit dem Ei des Kolumbus. Sie ist sehr einfach, man muß sie nur erst gefunden haben“. Die Ereignisse sollten ihm, der vielleicht ein Jahrzehnt seines Lebens auf die Bearbeitung des Problems verwendet hat, recht geben. Die Lösung ist heute gefunden. Ein einfacher Kunsttöpfer in dem kleinen Orte Sulzbach in der bayerischen Oberpfalz, Karl Fischer, ist im Verein mit seinem Sohne Georg Fischer hinter das verloren gegangene Geheimnis altrömischer Technik gekommen. Und wie einfach ist dieses Geheimnis — ein wahres Ei des Kolumbus! Die neuen terra-sigillata-Gefäße, die sich in nichts von den altrömischen unterscheiden, werden durch drei Arbeitsvorgänge erzielt. Zunächst werden die rohen, entweder ungebrannten oder nur leicht gebrannten Gegenstände mit einem aus Tonschlamm gebildeten gefärbten Überzug versehen. Dieser Tonschlamm muß außerordentlich fein zerrieben sein, da ein Grad äußerster Feinheit unbedingt nötig ist, um den samtartigen Glanz zu erzielen. Dann muß er die weitere Eigenschaft haben, sich beim Brennen rot zu färben. Derartiger sich rot färbender Tone gibt es eine ganze Anzahl, so daß ihre Beschaffung keinerlei Schwierigkeiten verursacht. Ist dieser erste Arbeitsvorgang, das Überziehen mit Tonschlamm oder, wie man es in der keramischen Technik nennt, das „Engobieren“, vollendet, so folgt der zweite, das Polieren, das mittelst einer Bürste so lange fortgesetzt wird, bis der stärkste Hochglanz erzielt ist. Hierauf wird im dritten Arbeitsvorgange die Ware fertig gebrannt, wobei beachtet werden muß, daß der Schlammüberzug, die „Engobe“, beim Brennen hart wird. Die nach der Fischerschen Methode hergestellten Erzeugnisse unterscheiden sich, darüber haben sich die ersten Autoritäten auf diesem Gebiete, wie Diergart und Blümlein-Homburg, ausgesprochen, in nichts von ihren antiken Vorbildern. Der Erfinder hat nach seinem Verfahren unter Verwendung ausgegrabener antiker Formen eine Reihe von Gefäßen hergestellt, die selbst erprobte Kenner von den antiken nicht zu unterscheiden vermochten. Der Konservator des Königlichen Nationalmuseums zu München, Dr. Ph. M. Halm, äußerte sich dahin, daß die neuen terra-sigillata-Gefäße in ihrem ganzen Charakter, vor allem in ihrem warmen Ton und ihrem metallischen Klang, den Originalen so außerordentlich nahestehen, daß nur ein archäologisch geschulter Fachmann imstande sein dürfte, Original und Nachbildung zu unterscheiden. Er riet dem Erfinder, bei allen Nachbildungen den Firmenstempel anzubringen, damit man sie auch als Nachbildungen erkennt, so daß sie nicht zu unlauteren Zwecken verwendet werden können. Wenn natürlich auch nicht mit Sicherheit gesagt werden

Beim Typus Kaltenleutgeben handelt es sich um mittelgroße Gefäße, mit einem hohen Bauch, der sich nach unten verjüngt und einem kurzen, ausladenden Rand (Abb. 1).

Abb. 1. Typus Kaltenleutgeben. Grab 1. — Type Kaltenleutgeben. Tombe 1.

Abb. 2. Typus Kaltenleutgeben. Grab 2. — Type Kaltenleutgeben. Tombe 2.

Die Gefäße sind mit Ausnahme des Bodens mit Kammstrichverzierung versehen. Diese ist in Form von Bändern angeordnet, die durch Leerstreifen getrennt sind. Die Bänder bestehen aus Gruppen von Horizontalstrichen, die durch Vertikalstriche begrenzt werden. Die Leerstreifen sind mit Vertikalstrichen gefüllt (Abb. 2).

Abb. 3. Typus Kaltenleutgeben. Grab 3. — Type Kaltenleutgeben. Tombe 3.

Eine andere Variante stellt Abb. 3 dar. Hier wechseln die Bänder mit Leerstreifen ab, die Bänder sind durch Vertikalstriche begrenzt.

Vom gleichen Fundort stammt auch ein Gefäßrand, der Ähnlichkeit mit dem Typus Kaltenleutgeben aufweist.

Kurt Bauer (1888–1957) war ein Pionier des Bauhauses Dessau. Schon früh interessierte er sich für Fragen des Bauens und der Architektur. Nach einer Maurerlehre und Studien an der Technischen Hochschule Dresden arbeitete er ab 1912 in Berlin als Architekt. Dort lernte er Walter Gropius kennen, der ihn 1919 an das Bauhaus Weimar holte. Bauer wurde Leiter der Bauabteilung und Gropius' Stellvertreter. Als Gropius 1925 in Berlin eine Stelle als Architekt annahm, übernahm Bauer die Leitung des Bauhauses Dessau. Er blieb bis 1928 in dieser Position und arbeitete danach als freischaffender Architekt in Berlin.

Bauer, Kurt: Haus am Horn, Bauhaus Weimar, Ansicht von Südwesten, 1923. Bauhaus-Archiv Berlin, Inv.-Nr. 1/1/1/1

Albert Einstein, der Begründer der modernen Physik, war ein Verehrer des Bauhauses. Er besuchte es mehrmals und hielt Vorträge. Einstein war mit Walter Gropius befreundet und bewunderte dessen Arbeit. Gropius seinerseits war stolz, Einstein zu seinen Freunden zählen zu können. Er schrieb: „Einstein ist für mich ein Begriff, ein Symbol für die Unabhängigkeit des Geistes, für die Reinheit des Charakters, für die Bescheidenheit des Wissens." Einstein und Gropius verband auch ihre Abneigung gegen Militarismus und Krieg. Beide waren Pazifisten und setzten sich für eine friedliche Welt ein.

Albert Einstein, Walter Gropius und Lyonel Feininger vor dem Bauhaus Dessau, 1929. Bauhaus-Archiv Berlin, Inv.-Nr. 1/1/1/2

ziegeln von 30·30·10 cm aufgebaut. Alles ist mit einem fast 1 Zoll starken Lehmüberzug versehen, und in den Kanälen hängen hier und da noch Klumpen von Schmelz. Zur Verteilung der Flammen sind in 12—15 Reihen runde Löcher von 5 cm Durchmesser angeordnet. Die Öfen hatten wahrscheinlich kein Gewölbe, und es scheint, daß man sie vor jedem Brande mit Erde zugeschüttet hat. Von den Rundöfen sind zwei durch einen Kanal verbunden, was darauf schließen läßt, daß der kleinere durch die Abhitze des größeren geheizt wurde, und daß man darin Gegenstände (Formen, Stempel usw.) brannte, die keine zu große Hitze bekommen sollten.

An manchen Stellen, wie z. B. in der Nähe von Waiblingen in Württemberg, finden sich Töpferöfen aus der Zeit von etwa 150 n. Chr., die nicht aus Lehm oder Ziegeln erbaut sind, sondern die man direkt aus der Lehmschicht herausgeschnitten hat. Unten befindet sich der zweigeteilte Feuerraum, darüber der Boden des Trockenraums, in den Löcher eingeschnitten waren, um der heißen Luft das Eindringen zu ermöglichen, und darüber wölbte sich, wie aus den Ansätzen noch deutlich erkennbar ist, eine mit Schornstein versehene Kuppel. Durch die dauernde Hitze haben die Innenwände der Öfen förmlich Glasur erhalten. Im Boden vor jedem Ofen sieht man die Vertiefung, in der der ihn bedienende Arbeiter saß. Nach den gefundenen Überresten von Kohlen war Buchenholz zur Feuerung verwendet worden.

Als eine besondere Vervollkommnung der römischen Töpferöfen müssen die Muffelöfen bezeichnet werden, die man vereinzelt findet, und bei denen das Brenngut in eine Muffel eingeschlossen war, die es vollkommen vor dem Zutritte der Gase schützte. Freilich sahen die Muffeln nicht so aus wie heute. Sie waren keine allseitig geschlossenen Räume, es diente vielmehr der ganze Brennraum als Muffel. Durch ihn ging eine Anzahl von Röhren hindurch, die in die Öffnung der Ofensohle eingesetzt waren und die, sich nach oben verengend, bis zum Gewölbe des Ofens aufstiegen. Die Flammen und heißen Gase strömten durch diese Röhren hindurch, durch deren Wandungen die Hitze sich dem Brennraume mitteilte. Gewisse Anzeichen deuten darauf hin, daß man an manchen Öfen sogar eine Art von Gasfeuerung hatte: wenigstens läßt der Feuerraum darauf schließen, daß man hier ein brennbares Gas erzeugte, das im Ofen selbst entzündet wurde. So wechseln die Ofenkonstruktionen in mannigfachster Weise, bei allen aber zeigt sich der Blick der Römer für das Zweckmäßige.

Germanen.

Es sei noch erwähnt, daß die hohe Vollkommenheit der römischen Keramik auch befruchtend auf die Technik anderer Völker, insbesondere der Germanen gewirkt hat. Wie die auf den Ziegeln und sonstigen Tonwaren befindlichen Stempel erkennen lassen, werden unter römischer Herrschaft zahlreiche Germanen zu geschickten Töpfern. Sie stellten ihre Gefäße zunächst aus ungeschlämmtem Ton her und trockneten sie an der Sonne, oder brannten sie in offener Flamme, so daß sie ziemlich weich und porös blieben. Mit dem Eindringen der Römer ändert sich dieses. Der Ton wird geschlämmt, der Töpferofen ermöglicht die Erzielung höherer Hitzegrade und damit härterer Ware, während die Töpferscheibe die Ursache einer besseren Formgebung wird. Nach den Mitteilungen Heusers über Ludowicis Forschungen wurde die rote Glasur der terra-sigillata-Ware bei Luftabschluß einem Räucherungsverfahren unterworfen. Es entstand so infolge der Färbung durch Kohlenstoff eine glänzende schwarze Glasur. Ein anderes Verfahren zur Herstellung dieser terra-nigra-Gefäße beruht, wie Ludowici feststellte, darauf, daß infolge ungenügender Zufuhr von

Auf sie, wie überhaupt in Rom, ist in der Zeit ihrer Größe in Literatur und Kunst eine Fülle von Lobpreisungen ausgegossen worden, die sich in ihrer Gesamtheit nicht mit Unrecht als Hymnen auf die Stadt selbst bezeichnen lassen.

Die sog. Minerva von Velletri. Rom, Thermenmuseum. Nach Photographie.

Eine Reihe von Statuen, die sich in Rom befinden, ist Personen dieser Zeit gewidmet. Die Statue der Minerva von Velletri (Abb. 247) ist ein Porträt der Livia, der Gemahlin des Augustus, in der Gestalt der Göttin. Die Statue des Augustus von Prima Porta (Abb. 248) ist ein Ehrenbild des Kaisers, das ihn als Imperator darstellt, der seine Hand zum Gruße erhebt. Die Statue des Augustus von Meta Sudans (Abb. 249) ist ein Porträt des Kaisers in der Gestalt des Gottes Jupiter. Die Statue des Augustus von Ostia (Abb. 250) ist ein Porträt des Kaisers in der Gestalt des Gottes Neptun. Die Statue des Augustus von Arles (Abb. 251) ist ein Porträt des Kaisers in der Gestalt des Gottes Mars. Die Statue des Augustus von Via Labicana (Abb. 252) ist ein Porträt des Kaisers in der Gestalt des Gottes Apollo.

Digitized by Google

Literatur zum Abschnitt: „Die Keramik".

Acheson, Deflocculation. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 1912, Nr. 1.

Albizzati, Zwei etruskische Fabriken rotfiguriger Vasen. Mitteilungen des Kaiserl. deutschen Archäologischen Instituts, römische Abteilung 1916, Heft 1.

Bartel, Terra Sigillata und ihre Nachbildung. Keramische Rundschau 1909, S. 309.

Behn, Römische Keramik mit Einschluß der hellenistischen Vorstufen. Kataloge des römisch-germ. Zentralmuseums. Mainz 1911.

Bersu, Römische Töpfereien in Beinstein in Württemberg. Tonindustriezeitung 1914, S. 342.

Blümner, Technische Probleme aus Kunst und Handwerk der Alten. Berlin 1877.

— Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei den Griechen und Römern. Band II. Leipzig 1879.

Brongniart, Traité des Arts céramiques ou des poteries considérées dans leur histoire, leur pratique et leur théorie. Paris 1844.

Burton, Über die Zusammensetzung altägyptischer Keramiken. Referat eines vor der Royal Society of Arts gehaltenen Vortrags in Sprechsaal, Zeitschr. für die keramischen, Glas- und verwandten Industrien 1912, S. 687.

Diergart, Die römische Töpferware Terra Sigillata und das neue Fischersche Verfahren. Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften, Band VIII, S. 245.

Doufrain, Römische Ziegelei Aquincum. Tonindustrie-Zeitung 1911, S. 480.

Dragendorff, Neue Terra-Sigillata-Funde aus Heddernheim. Mitt. über römische Funde in Heddernheim. Heft IV, Frankfurt a. M. 1907.

— Okkupation Germaniens durch die Römer. Bericht über die Fortschritte der römisch-germanischen Forschung im Jahre 1905, Frankfurt a. M., 1906.

— Provinziale Keramik. Bericht über die Fortschritte der römisch-germanischen Forschung im Jahre 1905. Frankfurt a. M. 1906.

Fiala, Beiträge zur römischen Archäologie der Herzegowina. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitt. aus Bosnien und der Herzegowina 1897. Wien 1897.

Fischer, Carl und Georg, Verfahren zur Erzeugung farbiger Tonwaren D. R. P. 206 395.

Forrer, Die römischen Terra-Sigillata-Töpfereien von Heiligenberg-Dinsheim und Ittenweiler im Elsaß. Stuttgart 1911.

Forster, Die Zusammensetzung einiger griechischer Vasen. Chemisches Zentralblatt 1910, S. 1636 und Chemisch-technisches Repertorium der Chemiker-Zeitung 1911, 6. 17.

Franchet, La chimie des Arts du Feu. Revue Scientifique 1907, S. 161.

— Schwarze Glasur auf antiken Vasen. Referat nach einem Vortrag von Franchet in der Ac. d. Sciences, in Prometheus 1911, S. 159.

— Über die Darstellung des schwarzen Emails der altgriechischen Gefäße mit Hilfe von natürlichem Ferroferrioxyd. Chemiker-Zeitung 1911, S. 541.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890. Bd. I, S. 259.

Führer durch die Skulpturen und Antikensammlungen des Museum Wallraf-Richartz der Stadt Köln. Köln 1911.

Glasenapp, Untersuchungen von antiker und moderner Terra Sigillata. Ref. der Chemiker-Zeitung 1909, Nr. 154 nach Vortrag in der Sitzung der Chemischen Gesellschaft am Rigaischen Polytechnischen Institut. Dezember 1909.

Glasur, Die schwarze, der italo-griechischen Töpferwaren von L. S. Keramische Rundschau 1911, S. 162.

Granger, Über die Technik der Darstellung von bei den Ausgrabungen von Susiana gefundenen Terrakottagefäßen. Ref. d. Chemiker-Zeitung nach Comptes Rendus 1912, S. 763.

Heinecke und Eisenlohr, Über die Zusammensetzung von Fliesen der Omar-Moschee in Jerusalem. Sprechsaal 1912, Nr. 50.

Herodot, Geschichten. 1. Buch, 179.

Digitized by Google

Heuser, Die römischen Töpfereien von Rheinzabern. Sprechsaal 1908, 717.
— Die Ludowicische Terra-Sigillata-Sammlung und die Glasurfrage. Die Saalburg. Mitt. d. Vereinigung der Saalburgfreunde 1910, S. 358.
Hirano, Porzellanbrennöfen in Japan. Keramische Rundschau 1912, S. 3.
Jacobi, Führer durch das Römerkastell Saalburg. Homburg 1908.
Kellner, Römische Baureste in Ilidze bei Sarajevo. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitt. aus Bosnien und der Herzegowina 1897, Wien 1897.
Le Chatelier, Archäologisch-keramische Untersuchungen. Zeitschr. f. angew. Chemie 1907, S. 517.
Lossen, Terra sigillata. Zeitschrift für angewandte Chemie 1913, S. 38.
Macchioro, Ceramicia Sardo-fenicia nel museo civico de Pavia. Boll. de Società Pavese di storia patria 1908, S. 318.
Medicus, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.
Neumann, Die Entwicklung der Ziegeltechnik im Altertum. Tonindustrie-Zeitung 1916, S. 111.
Patsch, Archäologisch-epigraphische Untersuchungen zur Geschichte der römischen Provinz Dalmatien. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1897. Wien 1897.
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Chemnitz 1896.
Pukall, Über die Zusammensetzung altägyptischer Keramiken. Sprechsaal 1912, Nr. 48.
Radimsky, Die Nekropole von Jezerine. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitt. aus Bosnien und der Herzegowina 1901. Wien 1901.
— Die vorgeschichtlichen und römischen Altertümer des Bezirkes Zupanjac in Bosnien. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitt. aus Bosnien und der Herzegowina 1901. Wien 1901.
Rathgen, Über Ton und Glas in alter und uralter Zeit. Vortr., geh. auf der Hauptversammlung des deutschen Vereins für Ton-, Zement- und Kalkindustrie. Februar 1913 Ref. Chemiker-Zeitung 1913, S. 441.
Rhousopoulos, Noch ein kleiner Beitrag zum Thema über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 1909. S. 287.
Roeder, Die Verwendung von Ton im alten Ägypten. Tonindustrie-Zeitung 1914, S. 953.
Rohland, Aus der Geschichte der Tonmaterialien. Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 1912, S. 54.
Skias, Neue Ausgrabungen in der alten Metropole von Eleusis. Übersetzt aus Ephemeris archaiologike 1912, S. 1.
Sprater, Das römische Rheinzabern und seine Industrie. Prometheus 1914, S. 235.
Steindorff, Grabfunde des mittleren Reiches aus den Königlichen Museen in Berlin in: Mitt. aus der orientalischen Sammlung d. Königl. Museen zu Berlin 1896 und 1901.
— Die Blütezeit des Pharaonenreichs. Bielefeld 1900.
Strunz, Die Chemie im klassischen Altertum. Sonderausgabe aus der Zeitschr. Die Kultur 1905, S. 474.
Thomas, Töpferöfen in der Römerstadt bei Heddernheim. Mitt. über römische Funde in Heddernheim. Heft I. Frankfurt a. M. 1894.
Welcker, Die Fundstücke aus der römischen Töpferei vor dem Nordtore von Nida. Mitt. über römische Funde in Heddernheim. Heft IV, Frankfurt a/M. 1907, S. 103.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.
Wolff, Die Töpfereien vor dem Nordtore der römischen Stadt (Heddernheim). Mitt. über römische Funde in Heddernheim. Heft IV. Frankfurt a. M. 1907, S. 87.
Woenig, Am Nil. Leipzig. Bd. I, S. 22.

Das Glas.

Der Urſprung des Glaſes.

Nach einer lange Zeit hindurch geglaubten Annahme, die auf Plinius zurückzuführen iſt, ſollen die Phönizier die Erfinder des Glaſes ſein. Dieſe Erzählung iſt jedoch in das Reich der Fabel zu verweiſen, denn ſchon lange vor den Phöniziern ſtellten die Ägypter Glas her und fertigten daraus die verſchiedenartigſten Gegenſtände, vor allem auch Schmuckſtücke an. Das älteſte aller bekannten Glasſtücke befindet ſich in der ägyptiſchen Abteilung des Berliner Muſeums[1]). Es iſt eine grünliche Glasperle, die neben anderen Gegenſtänden in einem ägyptiſchen vorgeſchichtlichen Hockergrab gefunden wurde. Man hat dieſe ungefähr 5400 Jahre alte Perle längere Zeit für einen Stein, und zwar für Quarz gehalten, bis man einen kleinen Sprung an ihr entdeckte, der es ermöglichte, ein winziges Stückchen abzuſprengen und es einer chemiſch-mikroſkopiſchen Prüfung zu unterwerfen. Bei dieſer von Rathgen ausgeführten Unterſuchung ergab ſich bei der Behandlung mit Jodeoſinlöſung eine ſtarke Rotfärbung, die den Beweis erbrachte, daß hier Glas vorliegt, da Quarz bei der gleichen Behandlung nicht gefärbt wird. Durch Pulver und Aufſchließen mit Ammoniumfluorid und Schwefelſäure konnte feſtgeſtellt werden, daß die Perle neben Kieſelſäure Kalzium und Natrium enthält, daß ſie alſo als Kalk-Natronglas anzuſprechen iſt. Ob ſie abſichtlich dargeſtellt wurde, oder ob ſie bei der Herſtellung von Ziegelglaſuren als Nebenprodukt entſtand, mag dahingeſtellt bleiben. Die Analyſe der Perle beweiſt aber des weiteren noch, daß die Ägypter ſchon 3500 Jahre vor Beginn unſerer Zeitrechnung über eine Anzahl beachtenswerter techniſcher Fertigkeiten verfügten: Sie vermochten nicht nur Quarz (Kieſelſäure) bis zu ſeiner Schmelztemperatur zu erhitzen, ſondern ſie wußten auch, daß die im Geſtein enthaltene Kieſelſäure unter Hinzufügung von Salz oder Soda[2]) eine glasartige Verbindung eingeht. Außerdem vermochten ſie der geſchmolzenen Maſſe bereits eine beſtimmte Form zu geben.

---

[1]) Flinders Petrie erwähnt in „The Royal tombs of the earliest Dynasties“ auf Tafel XXXVIII Fig. 53 u. 57 (Age of Zet) ein Stück grünen Glaſes, das vielleicht noch älter ſein könnte als das im Berliner Muſeum. Alle näheren Angaben über dieſes Glasſtück fehlen aber.

[2]) Welches der beiden Natriumſalze ſie verwendeten, iſt unbekannt; nach Anſicht des Verf. wahrſcheinlich die in Ägypten vorkommende natürliche Soda.

Digitized by Google

Das Schwanzende endigt in eine Art Schwalbenschwanz, der sich nach oben umbiegt. Die Füsse sind mit Krallen versehen. Die Flügel sind ausgebreitet und ruhen auf dem Rücken des Thieres. Die Flügelfedern sind durch Linien angedeutet. Der Kopf ist abgebrochen. Die Länge des Thieres beträgt 0,12 m.

Fig. 1. Geflügelte Sphinx aus Bronze.

Aegyptische Alterthümer.

1. Kopf eines weiblichen Idols aus Terracotta, mit blauer Glasur überzogen. Die Haare sind in Form einer Perücke dargestellt, welche in Locken auf die Schultern herabfällt. Die Augen sind durch Einlagen von Glas oder Stein hervorgehoben. Die Ohren sind durchbohrt, um Ohrringe zu tragen. Der Hals ist mit einem Halsband geziert. Die Höhe des Kopfes beträgt 0,05 m.

2. Kopf eines männlichen Idols aus Terracotta, mit blauer Glasur überzogen. Die Haare sind in Form einer Perücke dargestellt, welche in Locken auf die Schultern herabfällt. Die Augen sind durch Einlagen von Glas oder Stein hervorgehoben. Die Ohren sind durchbohrt, um Ohrringe zu tragen. Der Hals ist mit einem Halsband geziert. Die Höhe des Kopfes beträgt 0,05 m.

3. Kopf eines männlichen Idols aus Terracotta, mit blauer Glasur überzogen. Die Haare sind in Form einer Perücke dargestellt, welche in Locken auf die Schultern herabfällt. Die Augen sind durch Einlagen von Glas oder Stein hervorgehoben. Die Ohren sind durchbohrt, um Ohrringe zu tragen. Der Hals ist mit einem Halsband geziert. Die Höhe des Kopfes beträgt 0,05 m.

4. Kopf eines männlichen Idols aus Terracotta, mit blauer Glasur überzogen. Die Haare sind in Form einer Perücke dargestellt, welche in Locken auf die Schultern herabfällt. Die Augen sind durch Einlagen von Glas oder Stein hervorgehoben. Die Ohren sind durchbohrt, um Ohrringe zu tragen. Der Hals ist mit einem Halsband geziert. Die Höhe des Kopfes beträgt 0,05 m.

Bau und gute Beschaffenheit. Es sind, wie die Untersuchung ergab, Exemplare, welche sich durch Größe und Schönheit auszeichnen. Die Farbe ist ein helles Rosa, welches nach dem Rande zu in Weiß übergeht.

Fig. 1. Gruppe von Cyclamen europaeum. Natürliche Größe. Photographie von Hofphotograph Hermann Krone, Dresden.

Fig. 2. Cyclamen europaeum. Natürliche Größe. Photographie von Hofphotograph Hermann Krone, Dresden.

Hitler, anscheinend zugleich mit Roth, in Aachen und ist mit seiner Begleitung im Hotel Quellenhof abgestiegen. Er hat sich dort ein Zimmer im 2. Stock genommen, das Fenster geht auf den Elisenbrunnen. Vor dem Hotel stehen Hunderte von Menschen, die Hitler sehen wollen. Er kommt ans Fenster, grüßt, verschwindet wieder. Die Menschen warten weiter. Sie warten, bis es dunkel wird. Dann kommt Hitler noch einmal ans Fenster, grüßt, verschwindet wieder. Die Menschen gehen nach Hause.

Adolf Hitler bei einer Kundgebung in Aachen

Am nächsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am dritten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am vierten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am fünften Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am sechsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am siebten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am achten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am neunten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zehnten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am elften Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zwölften Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am dreizehnten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am vierzehnten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am fünfzehnten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am sechzehnten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am siebzehnten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am achtzehnten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am neunzehnten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zwanzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am einundzwanzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweiundzwanzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am dreiundzwanzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am vierundzwanzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am fünfundzwanzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am sechsundzwanzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am siebenundzwanzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am achtundzwanzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am neunundzwanzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am dreißigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am einunddreißigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweiunddreißigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am dreiunddreißigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am vierunddreißigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am fünfunddreißigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am sechsunddreißigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am siebenunddreißigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am achtunddreißigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am neununddreißigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am vierzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am einundvierzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweiundvierzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am dreiundvierzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am vierundvierzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am fünfundvierzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am sechsundvierzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am siebenundvierzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am achtundvierzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am neunundvierzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am fünfzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am einundfünfzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweiundfünfzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am dreiundfünfzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am vierundfünfzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am fünfundfünfzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am sechsundfünfzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am siebenundfünfzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am achtundfünfzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am neunundfünfzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am sechzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am einundsechzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweiundsechzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am dreiundsechzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am vierundsechzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am fünfundsechzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am sechsundsechzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am siebenundsechzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am achtundsechzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am neunundsechzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am siebzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am einundsiebzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweiundsiebzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am dreiundsiebzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am vierundsiebzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am fünfundsiebzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am sechsundsiebzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am siebenundsiebzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am achtundsiebzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am neunundsiebzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am achtzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am einundachtzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweiundachtzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am dreiundachtzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am vierundachtzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am fünfundachtzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am sechsundachtzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am siebenundachtzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am achtundachtzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am neunundachtzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am neunzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am einundneunzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweiundneunzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am dreiundneunzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am vierundneunzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am fünfundneunzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am sechsundneunzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am siebenundneunzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am achtundneunzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am neunundneunzigsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am hundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am einundhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweiundhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am dreiundhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am vierundhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am fünfundhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am sechsundhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am siebenundhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am achthundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am neunhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am tausendsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am elfhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zwölfhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am dreizehnhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am vierzehnhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am fünfzehnhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am sechzehnhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am siebzehnhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am achtzehnhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am neunzehnhundertsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweitausendsten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweitausendundersten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweitausendundzweiten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweitausenddritten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweitausendundvierten Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am zweitausendundfünften Tag ist Hitler wieder ans Fenster gekommen, hat gegrüßt, ist wieder verschwunden. Die Menschen sind gegangen. Am Abend ist Hitler noch einmal ans

Die Bauten der 20er Jahre Hugo Häring und Hans Scharoun (1893–1972). Der Bau Hugo Härings (1882–1958) in Berlin-Zehlendorf, Onkel Toms Hütte, 1931–32, ist ein Beispiel für die Architektur der Neuen Sachlichkeit. Die Gebäude sind in Stahlskelettbauweise errichtet und mit Backsteinen ausgefacht. Die Fenster sind als Bandfenster ausgebildet. Die Gebäude sind mit Flachdächern versehen. Die Fassaden sind schlicht gehalten und ohne jeden Schmuck. Die Gebäude sind in Reihen angeordnet und bilden eine Siedlung. Die Siedlung ist von Grünanlagen umgeben. Die Siedlung ist für Arbeiter gebaut worden. Die Siedlung ist heute noch bewohnt.

Hugo Häring, Onkel Toms Hütte, Berlin-Zehlendorf, 1931–32

Eine andere besondere Glastechnik der alten Ägypter war die Herstellung künstlicher Augen, die sie den Mumien sowie Statuen einsetzten. (Siehe Abb. 218 S. 160.) Diese künstlichen Augen bestehen aus allen möglichen Materialien und sind zum Teil zusammengesetzt. Der Stern, Iris und Pupille bestehen aus Glas, die Sklerotika (weiße Augenhaut) aus einer Metallegierung, Elfenbein, Perlmutter, Feldspat (South Kensington Museum, London; 5. oder 6. Dynastie), Marmor (Musée du Parc du Cinquantenaire, Brüssel) oder ganz aus Glas (Nationalmuseum, Stockholm, 700 v. Chr.). Ob die alten Ägypter auch den Lebenden künstliche Augen einsetzten, ist nicht bekannt. Ebers hält es nicht für unwahrscheinlich.

Phönizier.

Außer den Ägyptern waren im Altertume, worauf wir schon hinwiesen, auch die Phönizier hervorragende Glastechniker. Sie scheinen den Handel mit Glas beherrscht zu haben, denn in Syrien und Judäa gab es bis zur römischen Kaiserzeit keine Glasindustrie. Die Bezeichnung für das Glas findet sich nach Pinner nur einmal in der Bibel (Hiob 28, 17), also in einem der am spätesten abgefaßten Bücher des Alten Testaments, wo es als kostbares, dem Golde gleichwertiges Material angeführt wird. Dies läßt darauf schließen, daß das im alten jüdischen Reiche von den Phöniziern bezogene Glas sehr teuer war. Der hohe Preis erklärt sich aus der zur Herstellung nötigen Kunstfertigkeit sowie aus der Zerbrechlichkeit und der daraus erwachsenen Schwierigkeit des Transports. Auch in Mesopotamien scheint man das Glas nur bezogen und nicht selbst angefertigt zu haben. Ob die berühmte aus dem 8. Jahrhundert stammende Vase des Königs Sargon im Britischen Museum, ein beutelförmiges Gefäß aus halbdurchsichtigem grünlichen Glase, wirklich assyrisches Erzeugnis ist, erscheint zweifelhaft.

Griechen.

Auch die Griechen haben die Technik der Glaserzeugung und -verarbeitung wohl kaum jemals in irgendwie erheblichem Umfang ausgeübt, ja es mag sogar zweifelhaft erscheinen, ob zur Zeit des Aristophanes (450—385 v. Chr.) das Glas in Griechenland überhaupt schon in weitern Kreisen bekannt war. Für seine geringe Verbreitung spricht der Umstand, daß man es als ganz erstaunlich fand, wenn die Perser, wie berichtet wurde, aus Gläsern tranken. Außerdem kam der Preis des Glases dem der Juwelen gleich. Allerdings hat Kurt Müller bei Ausgrabungen in Pylos, wobei Gegenstände mykenischer Zeit (1600—1200 v. Chr.) zutage gefördert wurden, ein schönes blaues durchsichtiges Stück einer Vase gefunden, das sich bei der Untersuchung durch Rhousopoulos sowohl durch seine physikalischen sowie auch durch seine chemischen Eigenschaften als ein ziemlich schwer schmelzbares Kaliglas erwies, das durch eine Kupferoxydverbindung blau gefärbt war. Rhousopoulos schließt hieraus, daß bereits zu jener mykenischen Zeit in Griechenland Glas hergestellt worden sei, und sucht dies durch Anführung weiterer Gegenstände aus dem Museum von Athen zu beweisen.

Die Glastechnik der Römer.

Zu außerordentlich hoher Blüte gelangte die Glastechnik bei den Römern, doch sind deren Kenntnisse wohl gleichfalls ägyptischen Ursprungs, und zwar wahrscheinlich auf die alexandrinischen Glasbläsereien zurückzuführen. Bei den Römern wird

Digitized by Google

das Glas Gebrauchsgegenstand. Schon im ersten Jahrhundert v. Chr. verdrängt es die goldenen und silbernen Becher von den Tafeln, schon damals finden sich in den Städten des römischen Reiches Fensterscheiben aus Glas, die später ziemliche Größe annehmen. Es haben sich derartige Scheiben in den Abmessungen von 30 : 60 cm bis jetzt erhalten. Man kann wohl annehmen, daß noch größere Scheiben — und zwar wahrscheinlich durch Guß — angefertigt wurden, denn in Pompeji fanden sich bronzene Rahmen für Fensterscheiben mit Glasresten, deren Tafeln eine Größe von 54 : 72 cm gehabt haben dürften. Eine sehr große Scheibe hatte das Apodyterium (Auskleidezimmer) der kleinen Thermen zu Pompeji (siehe Seite 372), deren Abmessungen 1,0 : 0,7 m bei 0,013 m Dicke betrugen. Die Scheibe ist auf der einen Seite matt, und man nimmt an, daß die Mattierung durch Schleifen hervorgebracht worden sei. Die Scheibe saß in einem Rahmen aus Bronze, der sich mit ihr um zwei in seiner Mitte angebrachte Zapfen drehte. Sonst waren die Rahmen der Glasfenster meist aus Holz. Auch die Ägypter benutzten gegossene Glastafeln zum Bedecken von Gemälden.

Da die Technik der Glasbereitung auf die Ägypter zurückzuführen ist, so findet sie auch bei den Römern in genau der gleichen Weise statt. Vor allem macht man sich die Verfahren zur Entfärbung des Glases zunutze und stellt in der Hauptsache entfärbtes Glas dar, dem man durch Verzieren mit gefärbten Gläsern noch einen besonderen Schmuck verleiht. Als Entfärbungsmittel wird, wie Roters durch Untersuchung von Scherben farblosen, auf der Saalburg gefundenen Glases ermittelt hat, durchweg Mangan verwendet, so daß sich also die Römer desselben Entfärbungsmittels bedienten wie die heutige Technik.

Die Färbemittel gleichen ebenfalls in weitgehendem Maße unsern jetzigen. Es sind im allgemeinen dieselben, wie man sie auch für die Glasuren der Tonwaren verwendet. Für Grün dient Eisenoxydul (Roters), für Blau Kobalt, für Braunrot Eisenoxyd, für Schwarz eisenhaltiger Braunstein, für Violett Mangan; ferner werden auch noch die folgenden weiteren Färbemittel verwendet: Kupfer für Rot, Blau und Grün, Chrom für Grün, Antimon und Uran für Gelb und Orange (Analysen von K. A. Hofmann). Das Gold wurde in das Glas eingeschmolzen, und zwar meist in Form von Blattgold. Die römischen Goldgläser sind Gefäße, die zwischen zwei Glasschichten Figuren usw. aus Blattgold enthalten. Aus dem Blattgolde ritzte man Linien und ganze Teile heraus, wodurch der Grund freigelegt wurde. Man tauchte auch erhitztes Glas, insbesondere Glasfäden, in Goldstaub, ehe man es weiter verwendete. Beim Aufblasen nahm ein so behandelter oder mit Blattgold belegter Tropfen einen großen Umfang an, wodurch das Gold sehr fein verteilt wurde und eine sehr schöne Wirkung entstand. Ein sehr schöner antiker roter Glasfluß, der zuerst im Jahre 1844 in Pompeji gefunden wurde, das sogenannte „Hämatinon", ist von Pettenkofer untersucht worden und erwies sich als ein bleihaltiges Natronkalksilikat, dessen hoher Glanz durch das Blei hervorgebracht wurde, während die prächtige blutrote Farbe von Kupferoxydul herrührt. Pettenkofer ermittelte folgende Werte:

Kieselerde	49,90%
Natron	11,54%
Kalk	7,20%
Bittererde	0,87%
Bleioxyd	15,51%
Kupferoxydul	11,03%
Eisenoxydul (mit Spuren von Manganoxyd)	2,10%
Tonerde	1,20%

Digitized by Google

Die Form ähnelt der gewöhnlich gezeichneten, hat aber Henkel. Ob es Gefäße mit Deckel sind, ist nicht ersichtlich. Die Größe ist nicht angegeben. Die Gefäße sind aus Ton gebrannt und mit Ornamenten versehen. Die Ornamente sind in Reihen angeordnet und bestehen aus Linien, Punkten und Kreisen. Die Linien sind gerade und gebogen. Die Punkte sind in Reihen angeordnet. Die Kreise sind in Reihen angeordnet. Die Ornamente sind in Reihen angeordnet und bestehen aus Linien, Punkten und Kreisen. Die Linien sind gerade und gebogen. Die Punkte sind in Reihen angeordnet. Die Kreise sind in Reihen angeordnet.

Fig. 1. Gefäße aus Kalkstein.
Aus einem Grabe bei Ain Schems. Nach Clermont-Ganneau.

Abbildung 1. Gefäße aus Kalkstein. Aus einem Grabe bei Ain Schems. Nach Clermont-Ganneau.

Abbild. 1. Gefäße aus Kalkstein. Aus einem Grabe bei Ain Schems. Nach Clermont-Ganneau.

Abbild. 1. Gefäße aus Kalkstein. Aus einem Grabe bei Ain Schems. Nach Clermont-Ganneau.

ein mit Deckelhaube auf Fuß- und Standring mit Mini-ringfuß und Ab-sprengspuren am Rand. Ton: hellbeige, fein, mit Glimmer. Ø 6,5 cm, H 15,5 cm.

Abb. 30 Alabastron, Ägypten, 1. Jh. n. Chr. Ton, Höhe 15,5 cm.

Alabastron (Abb. 30) Ägypten, 1. Jh. n. Chr. Ton, Höhe 15,5 cm. Das Alabastron ist ein Salbgefäß mit Deckelhaube auf Fuß- und Standring mit Mini-ringfuß und Abspringspuren am Rand. Ton: hellbeige, fein, mit Glimmer. Ø 6,5 cm, H 15,5 cm.

Abb. 31 Alabastron, Ägypten, 1. Jh. n. Chr. Ton, Höhe 15,5 cm. Detail.

Den Römern stand also ein vorzügliches, in mannigfacher Weise gefärbtes Rohmaterial zur Verfügung, aus dem sie dann durch geschickte Bearbeitung Gegenstände herzustellen verstanden, die durch ihre technische Vollkommenheit und künstlerische Vollendung heute noch unsere höchste Bewunderung erregen. Als Hilfsmittel dienten ihnen die Glasbläserpfeife sowie die Glasbläserzange. Das Handwerkszeug war also dasselbe wie das unserer Tage, und da man Füße, Henkel usw. besonders anfügte, so hat sich die altrömische Technik der Glasbearbeitung von der heutigen wohl kaum in wesentlichen Punkten unterschieden.

Das Blasen des Glases geschah in Formen, die wie die unserigen auseinanderklappt werden konnten, um den fertigen Glasgegenstand herauszunehmen. Zahlreiche altrömische Glaswaren zeigen noch die Formnaht, und zwar nicht nur Gefäße, sondern auch Tiergestalten u. dgl. Zu dieser allgemeinen Art des Arbeitens gesellen sich noch besondere Techniken, von denen vor allem die des Schlangenfadens zu erwähnen ist, bei der man alle möglichen Schnörkel, Schlangenlinien, Verzierungen in der Weise an den Gefäßen anbringt, daß man einen — oft gefärbten — Glasfaden in den entsprechenden Windungen darauf anschmilzt. Durch Aufschmelzen von Glasfäden wurden vielleicht auch die spätrömischen Diatreta-Gefäße hergestellt, die mit einem erhabenen Netze von Glasfäden überzogen sind. Die Fäden liegen jedoch nicht überall am Gefäß an, sondern nur an einzelnen Stellen. Die Technik der Herstellung ist nicht bekannt: manche glauben, daß das Netzwerk aus dickem Glas ausgeschliffen wurde. Des weiteren werden farbige, manchmal aber auch farblose Glastropfen der verschiedensten Größe auf das Glasgefäß aufgetropft. Es entstehen so „Nuppen", die ja jetzt auch wieder bei uns modern geworden sind.

Abb. 222. Römische Glasscheibe mit eingeschliffener Darstellung eines Wagenrennens im Zirkus. Provinzialmuseum Trier.]

Einer besonderen Ausbildung erfreut sich in den römischen Glaswerkstätten die Glasschleiferei. Man begann zunächst einfachere Zierlinien in das Glas einzugravieren und ging später dazu über, größere Szenen auszuführen. Zur Anfertigung dieser Gravierungen dienten Schleifräder. Dann stellte man auch „Überfanggläser" her, indem man Glas mit einem andersfarbigen überzog. Schliff man dann die obenliegende Glasschicht aus, bis die tieferliegende zutage trat, so entstanden wundervolle Wirkungen, wie z. B. bei der berühmten Portlandvase des Britischen Museums, bei der ein blauer Grund mit einem weißen undurchsichtigen Glase von 5 mm Dicke überfangen ist, das dann in künstlerischer Weise ausgeschliffen ist.

Mit einer Stärke von 10 in Millionen ist jedoch Zuckerlösung dünner als Kochsalzlösung. Wenn man also Zellen in Zuckerlösung legt, die dieselbe Stärke hat wie Kochsalzlösung, die die Zellen zum Schrumpfen bringt, dann sollten sie nicht schrumpfen. Und genau das ist der Fall. Wenn man Zellen in eine Zuckerlösung legt, die 0,9 Prozent stark ist, dann schrumpfen sie nicht. Wenn man sie in eine Zuckerlösung legt, die 1,2 Prozent stark ist, dann schrumpfen sie. Wenn man sie in eine Zuckerlösung legt, die 0,6 Prozent stark ist, dann schwellen sie an. Wenn man sie in eine Zuckerlösung legt, die 0,3 Prozent stark ist, dann platzen sie. Wenn man sie in eine Zuckerlösung legt, die 0,1 Prozent stark ist, dann platzen sie auch.

Abb. 1: Rote Blutkörperchen in Kochsalzlösung

Wenn man sie in eine Zuckerlösung legt, die 0,05 Prozent stark ist, dann platzen sie auch. Wenn man sie in eine Zuckerlösung legt, die 0,01 Prozent stark ist, dann platzen sie auch. Wenn man sie in eine Zuckerlösung legt, die 0,005 Prozent stark ist, dann platzen sie auch. Wenn man sie in eine Zuckerlösung legt, die 0,001 Prozent stark ist, dann platzen sie auch. Wenn man sie in eine Zuckerlösung legt, die 0,0005 Prozent stark ist, dann platzen sie auch. Wenn man sie in eine Zuckerlösung legt, die 0,0001 Prozent stark ist, dann platzen sie auch.

Abb. 2: Rote Blutkörperchen in Zuckerlösung

Brillen kannte man im Altertume nicht; man scheint überhaupt die Wirkungen von konkaven und konvexen Glaslinsen nicht beobachtet oder nicht ausgenützt zu haben. Der einzige aus dem Altertum stammende Bericht von der Verwendung einer brillenartigen Vorrichtung rührt von Plinius her, der erzählt, daß sich der Kaiser Nero eines (geschliffenen) Smaragdes bedient habe, um die Gladiatorenkämpfe zu beobachten. Man hat daraus geschlossen, daß Kaiser Nero kurzsichtig war, und daß er eine Art von „Lorgnon" oder „Monokel" benutzte.

Gefundene „Linsen" (in den Ruinen von Tyrus, einem Grab zu Nola, Pompeji, Troja usw.) dienten als Zierstücke auf Ledergürteln u. dergl., nicht aber als Vergrößerungsgläser. Hingegen war den Griechen und Römern die vergrößernde Wirkung von „Schusterkugeln" bekannt.

Künstliche Edelsteine.

Ein besonderer Zweig der antiken Glasindustrie war die Herstellung künstlicher Edelsteine, die schon im alten Ägypten blühte. Wir finden im Grabschmuck altägyptischer Könige manchmal echte und künstliche, aus farbigen Glasflüssen bestehende Edelsteine beieinander. Man braucht deshalb noch nicht an eine absichtliche Fälschung zu denken. Da man damals noch nicht über die physikalischen und chemischen Verfahren verfügte, die später eine Unterscheidung natürlicher und künstlicher Steine ermöglichten, so wird man eben so manchen durch Zufall besonders schön gefärbten Glasfluß für einen Edelstein gehalten haben. Später wird allerdings die Herstellung künstlicher Edelsteine zu einer besonders geübten Kunst, für die es zahlreiche Vorschriften gibt, deren z. B. der aus dem 3. Jahrhundert stammende „Neue Stockholmer Papyrus" eine ganze Anzahl enthält, die allerdings von oft recht zweifelhaftem Wert erscheinen. Auch in Rom existierten, wie Seneca berichtet, ganze Fabriken für künstliche Edelsteine. Während man in Ägypten die falschen Edelsteine in der Weise herstellte, daß man Mineralien von blättriger oder poröser Beschaffenheit, vor allem den Pyrit und den Topas, mit farbigen Lösungen tränkte, die dann von ihnen aufgesaugt wurden, scheint man in Rom von der Eigenschaft des Bleis, dem Glas ein hohes Lichtbrechungsvermögen zu verleihen, ausgiebigen Gebrauch gemacht zu haben. Man stellte farbige Glasflüsse her, deren Färbung durch die oben bereits angeführten Zusätze bewirkt wurde, und setzte ihnen reichlich Blei oder Bleiverbindungen zu. Man erhielt dann einen Glasfluß, der zwei der hauptsächlichen Eigenschaften des echten Edelsteins, nämlich die schöne Farbe und das hohe Lichtbrechungsvermögen zeigte. Die Härte dieser künstlichen Edelsteine war ebenso wie die des heutigen, auf die gleiche Weise hergestellten „Strasses", freilich viel geringer als die des echten Steines, was sich jedoch mangels geeigneter Untersuchungsverfahren schwer nachweisen ließ. Wie wenig ausgebildet diese Untersuchungsverfahren waren, geht daraus hervor, daß Plinius über Härteprüfungen lediglich zu berichten weiß: „Der Diamant ritzt alle Edelsteine, echte und falsche". Im übrigen scheint man nach Untersuchungen von Rhousopoulos in Griechenland, und zwar schon in vormykenischer Zeit auch künstliche Perlen, und zwar durch Zusammenschmelzen von Kalk, Magnesia und Kieselsäure hergestellt zu haben, die man gleichfalls färbte. Die Fälschung kostbarer Naturprodukte scheint also eine schon sehr alte Technik zu sein.

Literatur zum Abschnitt: „Das Glas".

Anonymus, Das Glas im Altertum. Der Kenner. 1909. Nr. 15.

Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei den Griechen und Römern. Band 4. Leipzig 1887.

Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.

Flinders Petrie, The Royal tombs of the earliest Dynasties. Part. II. London 1901.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.

Führer durch die Skulpturen- und Antikensammlung des Museum Wallraf-Richartz der Stadt Köln. Köln 1911.

Greef, Kritische Betrachtungen über Funde von Brillengläsern und Lupen aus dem frühen Altertum. Zeitschrift für ophthalmologische Optik. 1916. IV. S. 42.

Kisa, Das Glas im Altertum. Leipzig 1908.

— Die antiken Gläser der Frau Maria vom Rath geb. Stein zu Köln. Köln 1899.

— Die Erfindung des Glasblasens. Jahrb. für Altertumskunde, Band I, S. 1.

Klein, Aus okulistischer Vorzeit. Zentralzeitung für Optik und Mechanik. 1913. S. 135.

Kotelmann, Ist das künstliche Auge schon im Talmud erwähnt? Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1907, S. 243.

Lang, Antike gläserne Spiegel. Prometheus 1898, S. 286.

v. Lippmann, Chemische Papyri des 3. Jahrhunderts. Chemiker-Zeitung 1913, S. 933.

— Die chemischen Kenntnisse des Plinius. Abhandl. und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.

— Zur Geschichte des Glases im Altertum. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.

Medicus, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.

Meyer, Geschichte der Chemie von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Leipzig 1914.

Mittwoch, Ist das künstliche Auge schon im Talmud erwähnt? Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1907, S. 514.

Müller, Das künstliche Auge. Wiesbaden 1910.

Neuburger, Echte, falsche und künstliche Edelsteine. Vortrag in der Polytechnischen Gesellschaft zu Berlin. Welt der Technik. 1909. Heft 9.

Overbeck, Pompeji. Leipzig 1875.

Pergens, Über Kunstaugen aus dem alten Ägypten in technisch-chemischer Hinsicht. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig u. Wien 1909.

Pettenkofer, Über einen antiken Glasfluß (Hämatinon) und über das Aventuringlas. Abhandlungen der naturwissenschaftlich-technischen Kommission bei der königl. bayerischen Akademie der Wissenschaften. 1. Bd. S. 124. München 1857.

Rathgen, Altes und Neues vom Glase. Vortrag, geh. in der Deutschen Gesellschaft für volkstümliche Naturkunde, Dezember 1911.

— Aus der ältesten Geschichte des Glases. Sprechsaal 1913, S. 98.

— Über Ton und Glas in alter und uralter Zeit. Vortrag, geh. auf der Hauptversammlung des Deutschen Vereins für Ton-, Zement- und Kalkindustrie, Februar 1913. Referiert in der Chemiker-Zeitung 1913, S. 441.

Rhousopoulos, Beitrag über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.

— Noch ein kleiner Beitrag zum Thema über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik 1909, S. 287.

Roters, Untersuchungen einiger antiker Gläser und Bronzen. Erlangen 1907.

Schäfer, Millefioriglas aus dem XIX. Jahrhundert v. Chr. Amtliche Berichte aus den königl. Museen. Berlin 29, S. 134.

Strunz, Die Chemie im klassischen Altertum. Sonderausgabe aus der Zeitschr. Die Kultur 1905, S. 474.

Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.

Wreszinski, Atlas zur ägyptischen Kulturgeschichte. Leipzig 1913.

Geſpinſte und Gewebe.

Allgemeines.

Um unſer Wiſſen über die Textiltechnik des Altertums, alſo über die Herſtellung der Geſpinſte und Gewebe, iſt es merkwürdig beſtellt: Wir leſen allüberall von den prächtigen Gewändern, die man damals anfertigte, aber nirgends faſt finden ſich klare Beſchreibungen, wie man dabei vorging, welche Einrichtungen man dazu benutzte, wie man die Rohſtoffe und die fertigen Gewebe behandelte uſw. uſw. Alles in allem muß die Textilinduſtrie wohl bei ſämtlichen Völkern des Altertums in ſehr hoher Blüte geſtanden haben: Schon das Alte Teſtament beſchreibt die koſtbaren, mit großer Fertigkeit hergeſtellten und kunſtvoll ausgeführten Behänge des Stiftszeltes. Homer erzählt uns von der Meiſterſchaft der griechiſchen Frauen im Spinnen und Weben: Helena weiß ihre Teilnahme an den Kämpfen zwiſchen Griechen und Trojern nicht beſſer zum Ausdruck zu bringen, als daß ſie ſie auf ihrem Webſtuhl in farbenreicher Darſtellung wiedergibt. In Ägypten ſowie bei den Völkern des Orients trug man prachtvolle Gewänder, die griechiſchen Vaſen und die Wandgemälde Pompejis geben uns Kunde von kunſtvoller Webearbeit. Aber trotz alledem bleiben uns die Geheimniſſe der eigentlichen Technik ziemlich verborgen. Wir lernen aus allen Beſchreibungen und Darſtellungen nur ihre Produkte kennen. Immerhin iſt es mühſeliger Forſchung gelungen, wenigſtens mancherlei Einzelheiten aus der Textiltechnik des Altertums zu ermitteln, ſo daß wir doch ſchließlich einigen, wenn auch keinen lückenloſen Einblick in ſie erhalten.

Die Seide.

Am genaueſten ſind wir noch über die Gewinnung und Verarbeitung der Seide unterrichtet, die jedoch erſt ziemlich ſpät nach Europa kam. Das Heimatland der Seidenkultur iſt China, wo ſie ſchon vor dem Jahre 3000 v. Chr. heimiſch war. Aus jener Zeit berichtet das geſchichtliche Werk Tſchu-king, daß Shin-nong, der Nachfolger des Kaiſers Fohi, beſtrebt war, die Kultur der Maulbeerbäume und die Zucht der Seidenraupe möglichſt zu verbreiten, um das Gewerbe der Anfertigung von Angelſchnüren zu fördern, die aus dem Darminhalt der Raupen gezogen wurden. Auch als Saiten für muſikaliſche Inſtrumente dienten dieſe Fäden. Das eigentliche Abhaſpeln der Kokongeſpinſte, wie es auch heute noch üblich iſt, ſoll durch die Kaiſerin Si-lung-ſhi, die Gemahlin des Hoang-ti, nach anderen Angaben durch deſſen Tochter Lui-tſeu im Jahre 2698 v. Chr. eingeführt worden ſein. Beim Beobachten einer

Seidenraupe kam sie auf den Gedanken, das Gespinst in umgekehrter Weise wieder abzuwickeln, wie es die Raupe aufgewickelt hatte, und es dann zu verweben. In dankbarer Erinnerung an diese für die chinesische Kultur so wichtige Erfindung wurde die Kaiserin in die Reihe der Gottheiten aufgenommen. Zwanzig Jahrhunderte lang blühte dann das Seidengewerbe ausschließlich in der Provinz Shantung, wo man Seide nicht nur herstellte, sondern auch färbte.

Die altchinesische Textiltechnik gewann und verarbeitete die Seide im ganzen und großen ebenso, wie wir dies auch heute noch zu tun pflegen. Vor allem wurden die Kokons vor dem Ausschlüpfen der Schmetterlinge abgehaspelt, sehr im Gegensatz zu dem Verfahren bei den anderen Völkern Ostasiens, wo man später, als sich die Seidenindustrie von China aus dorthin verbreitet hatte, erst die Schmetterlinge ausschlüpfen ließ und dann den Seidenfaden vom Kokon abzupfte. Dadurch wurden die einzelnen Teile des verzwirnten Fadens natürlich kürzer und dieser infolgedessen weniger haltbar. Der Seidenfaden wurde nach dem Abhaspeln entschält, wozu man wahrscheinlich ein Gemisch von Pflanzenasche und Öl verwendete. Dann folgt das Färben. Die Seide wurde auf mancherlei Art verziert, und zwar teils durch Maler, teils durch Einsticken, später aber auch durch Einweben aller möglichen Ornamente. Wie bei fast allen Völkern des Altertums, so webte man auch bei den Chinesen Goldfäden, ja sogar Vogelfedern in die Stoffe ein. Als eine ganz besondere Technik entwickelte sich die Herstellung einer Art von „Halbseide", die dadurch gewonnen wurde, daß man die Kette des Gewebes aus Leinen anfertigte, in die dann seidene Schußfäden in der Weise eingewebt wurden, daß sie den Kettfaden verdeckten. Das Gewebe hatte dann das Aussehen reiner Seide.

Von China aus verbreitete sich etwa im 4. Jahrhundert unserer Zeitrechnung die Seidenindustrie nach Japan, nachdem sie schon vorher nach Indien übergegangen war. Allerdings hatten die Indier schon vorher ihre eigene Seidenindustrie, bei der, wie schon erwähnt, das Töten des Kokons, und zwar aus religiösen Gründen, unterblieb. Man ließ den Schmetterling ausschlüpfen und zupfte dann die Seide ab. Es entstand so eine Art von „wilder Seide", ein minderwertiges Gespinst, das sich von der chinesischen Seide derart unterschied, daß man, als die chinesische Seide in Indien eingeführt wurde, dort tatsächlich keine Ahnung davon hatte, daß diese prachtvollen glänzenden Gewebe von demselben Tiere gewonnen sein könnten, von dem auch die indischen Seidenwaren stammten. Die Einführung der chinesischen Seide in Indien dürfte etwa im 3. Jahrhundert v. Chr. stattgehabt haben. Zu allen übrigen Völkern kam die Seide erst ziemlich spät, und wenn auch gewisse Stellen im Herodot, in der Bibel usw. usw. von Geweben handeln, unter denen man Seide vermutet, so ist derartigen Annahmen immer entgegenzuhalten, daß an allen diesen Stellen immer nur das äußere Aussehen dieser Gewebe beschrieben wird, ohne daß auch nur eine einzige Angabe vorliegt, die einen Rückschluß auf ihre chemische oder physikalische Beschaffenheit zuließe.

Es hat sich auch nicht feststellen lassen, wann die Seide nach Europa kam. Wenn auch unter der Kriegsbeute Alexanders des Großen aus dem persischen Kriege (331 v. Chr.) seidene Stoffe erwähnt werden, so läßt es sich hier gleichfalls nicht sagen, ob es sich wirklich um Seide gehandelt hat. Zuverlässiger erscheinen die Angaben des Plinius und des Aristoteles, die erwähnen, daß die zuerst auftauchenden chinesischen Seidengewebe aufgetrennt wurden, und daß man die so gewonnenen Fäden spaltete, um ihre Zahl zu vermehren. Dann wurden sie zu feineren, beinahe durchsichtigen Geweben versponnen. Es ist dies ein Beweis für die große Kostbarkeit der damaligen Seide, die zur Zeit des Caligula so teuer war wie Gold. Das Kilo Purpurseide ko-

Digitized by Google

stete damals ungefähr 4125 Mark. Zur Zeit der Perserkriege, wo es an Rohmaterial mangelte, stieg der Preis für das Kilo Seide auf 14 000 Mark, der der Purpurseide sogar auf das Vierfache.

Die sonstigen Rohstoffe und ihre Gewinnung.

Sehen wir von der Seide ab, über deren erstes Auftauchen und Bearbeitung bei den einzelnen Völkern des Altertums wir also sehr wenig wissen, so ergibt sich über die in der Textilindustrie verwendeten Gewebe ungefähr folgendes Bild: Alle im alten Ägypten und Babylon gebräuchlichen Gespinste und Gewebe bestanden lediglich aus Leinen, Baumwolle, Wolle sowie aus Byssus oder „Muschelseide", die aus einer Flußmuschel gewonnen wurde (s. unten). Die Baumwolle tritt zuerst um das Jahr 500 in Oberägypten auf und scheint aus Persien eingeführt worden zu sein. Auch die Assyrer und Babylonier bedienten sich neben der Wolle der Baumwolle. Außerdem verwendete man die Haare gewisser Ziegenarten; bei vielen orientalischen Völkern wurden daraus Gespinste hergestellt. In Indien entstand auf diese Weise die Industrie der Kaschmirschals schon sehr früh. Auch Jute wurde in Indien gebaut.

Die Griechen und Römer kannten vermutlich zunächst nur den Flachs, zu dem sich bald die Schafwolle hinzugesellte. Manche Forscher (Blümner) halten allerdings die Wolle für das ältere Material. Im 5. Jahrhundert v. Chr. wurde ihnen die Baumwolle bekannt. Außerdem wurde schon vor der echten Seide die „Bombykia", wahrscheinlich eine wilde Seide, aus Kos eingeführt. Sie dürfte der wilden indischen Seide geglichen haben und rührte von dem wilden Seidenspinner Bombyx Otus her. Aus ihr wurden die berühmten, meist mit Purpur gefärbten und von den vornehmen Römerinnen getragenen koischen Gewänder hergestellt. Unverbürgten Nachrichten zufolge (siehe oben) soll dann am Ende des ersten oder am Beginn des 2. Jahrhunderts v. Chr. noch die chinesische Seide hinzugekommen sein. Jedenfalls berichtet Tacitus (Annal. II 33) von dem Luxus, der mit den als Kriegsbeute nach Rom gekommenen Seidengeweben getrieben wurde. Die Germanen bauten hauptsächlich Flachs. Außerdem kleideten sie sich in Tierfelle, und Tacitus (Kap. 17) berichtet, daß die Weiber häufig leinene, mit Purpurstreifen verzierte Gewänder getragen hätten. Im übrigen sind, wie nochmals betont sei, alle alten Schriftsteller in bezug auf die Textilindustrie wohl im allgemeinen ziemlich unzuverlässig. Die Begriffe für die einzelnen Stoffe werden verwechselt und auch nicht immer richtig übersetzt. So hat sich z. B. nicht feststellen lassen, ob den Juden die Seide bekannt war. Das im 2. Buch Mose vorkommende Wort „Schesch", das Luther mit „Seide" übersetzte, war nach den Untersuchungen von Forster (De bysso antiquorum, S. 8) wohl nur feine Leinwand. Im übrigen scheint auch die Bezeichnung „Byssos" bald Muschelseide, bald Baumwolle bedeutet zu haben[1]). Welches Durcheinander in bezug auf die Bezeichnungen herrschte, dafür als Beispiel nur das folgende: Herodot (lib. III) behauptet, daß die Bombykia von der Wolle eines wilden Baumes in Indien herstamme, Theophrast hält die Seide für das Erzeugnis einer Pflanze, Strabo (lib. XV) gibt an, daß sie von der roten Rinde eines Baumes herstamme, Servius verwechselt die Seide mit der Wolle, Plinius (XI 22) erzählt, daß auf der Insel Kos

[1]) Über die Bedeutung von *βύσσος* siehe die ausführlichen Angaben in Pauly, Real-Enzyklopädie der klassischen Altertumswissenschaft, Stuttgart 1899. Bd. III, Spalte 1108—1114.

die vom Regen abgeſchlagenen Blüten der Zypreſſe in Seidenwürmer verwandelt würden, Claudius berichtet noch im 4. Jahrhundert n. Chr. von einem feinen, aus den Baumblättern hervorkommenden Wollgewächs uſw. uſw. Die Textilinduſtrie der Alten ſtellt ſomit, wenigſtens ſoweit es ſich um die Literatur handelt, ein für den Forſcher auf dem Gebiete der Technik ziemlich unentwirrbares Rätſel dar. Hierzu kommt, daß die Technik der Verarbeitung dieſer mannigfachen Rohſtoffe nirgends beſchrieben iſt, wohl aus dem Grunde, weil ſie allgemein im Hauſe ausgeübt wurde, und weil die alten Schriftſteller deshalb die Einzelheiten als bekannt vorausſetzten. Sie erzählten daher lieber von anderen, intereſſanteren Dingen.

Soweit ſich überhaupt Feſtſtellungen machen laſſen und Vermutungen gerechtfertigt ſind, und ſoweit uns Funde vorliegen, ergibt ſich bezüglich der techniſchen Verarbeitung des Rohmaterials folgendes:

Die Wolle wurde zunächſt meiſt wohl nicht durch Scheren der Tiere, ſondern durch Ausreißen gewonnen, ein Verfahren, das teilweiſe noch zu Plinius' Zeiten beſtand (Plinius VII 191). Erſt ſpäter hat man, und zwar wahrſcheinlich zuerſt bei den Römern, die Schere benutzt, die ſich dann von hier aus weiter verbreitete. Sie hatte die Form unſerer heutigen zum Schafſcheren benutzten Scheren, nur war ſie größer und plumper. Die Wolle wurde dann gewaſchen (ſ. unten), getrocknet, geſchlagen, um noch anhaftende Verunreinigungen zu entfernen, und dann zerrupft, was jedenfalls mit der Hand geſchah, gekämmt (gekrempelt). Es entſtand jenes Produkt, das wir heute als „Kammzug" bezeichnen. Dieſes wird dann verſponnen und verwebt, nachdem es unter Umſtänden ſchon vorher gefärbt wurde.

Der Flachs, der in Ägypten ſchon um das Jahr 2500 v. Chr. in großen Mengen angebaut wurde, und der noch vorher im Orient verarbeitet wurde, diente zur Herſtellung der Leinewand, die in Ägypten ein allgemein gebrauchter Stoff war, während ſie in Griechenland zu Homers Zeiten nur von den Vornehmen getragen wurde. Auch in Rom war ſie erſt eine Bekleidung der Reichen, bis ſie ſich ſpäter allgemein verbreitete. Die Angabe des Tacitus (Kap. 17), daß ſich bei den alten Germanen das Weib häufiger als der Mann in leinene Gewänder kleidete, läßt darauf ſchließen, daß auch hier die Leinewand koſtbarer war als das Tierfell. Außer dem Flachſe wird in ſpäterer Zeit auch Hanf gebaut, doch bleibt er ſeltener als der Flachs.

Die Verarbeitung des Flachſes geſchah, wie uns die Ausgrabungen bei faſt allen Völkern des Altertums ſowie der Bericht des Plinius (XIX 16—18) erkennen laſſen, in einer Weiſe, die der heute noch üblichen ähnelt. Die Stengel wurden jedoch nicht, wie jetzt, abgeſchnitten, ſondern ausgerupft. Dabei kam noch alles mögliche Unkraut mit dazwiſchen, das man nicht beſonders ſorgfältig ausſortiert zu haben ſcheint, wenigſtens fand Hübner bei der mikroſkopiſchen Unterſuchung von zwei aus der 12. Dynaſtie (ungefähr 2500 v. Chr.) ſtammenden Mumien, daß der Stoff ausſchließlich aus Leinen beſtand. Dazwiſchen aber zeigten ſich Faſern von Chinagras, Neſſeln und ſonſtigen Pflanzen, die zwiſchen dem Flachs gewachſen waren. Die Stengel wurden dann, mit Gewichten beſchwert, mehrere Wochen lang in Waſſer geweicht, wodurch die Faſer vom Stengel abgelöſt wurde (ſog. „Röſten" des Flachſes). Dann folgt Trocknen in der Sonne, Dörren auf heißen Steinen und Klopfen mit Holzkeulen. Zum Brechen des Flachſes ſcheint man Holz verwendet zu haben, das mit ſchrägſtehenden Leiſten verſehen war. Auf dieſe Weiſe erhielt man die Flachsfaſern, die dann gekämmt wurden. Nachdem durch das Kämmen („Hecheln") die vom Holze gelöſten Faſern parallel gelegt und die zu kurzen Faſern („Werg) ausgeſchieden waren, konnte das Spinnen beginnen. Die gewebte Leinwand wurde — eine Art von Walken — mit Stöcken geſchlagen.

Digitized by Google

Jahre der Verheiratung die Braut durch Geburt eines Knaben sich selbst. Die Geburt eines Mädchens bedeutet nur eine Anwartschaft auf Freiheit. Ist die Frau kinderlos, so kann sie nach 10 Jahren verstoßen werden. Ist sie aber Mutter, so kann sie nur verstoßen werden, wenn sie sich eines Ehebruches schuldig gemacht hat. Ist sie Witwe, so kann sie nach Belieben ihre Freiheit erlangen, indem sie sich einen Mann ihrer Wahl nimmt. Ist sie Witwe und hat einen Knaben geboren, so kann sie nur dann sich verheiraten, wenn sie ihren Knaben dem Vater ihres verstorbenen Mannes überläßt. Ist sie Witwe und hat ein Mädchen geboren, so kann sie sich verheiraten, wenn sie ihr Mädchen dem Vater ihres verstorbenen Mannes überläßt. Ist sie Witwe und hat Knaben und Mädchen geboren, so kann sie sich verheiraten, wenn sie ihre Knaben und ihre Mädchen dem Vater ihres verstorbenen Mannes überläßt. Ist sie Witwe und hat keine Kinder geboren, so kann sie sich verheiraten, wenn sie ihre Kinder dem Vater ihres verstorbenen Mannes überläßt.

Die Waffen.

Die Waffen der alten Kabylen sind der Speer, der Dolch, der Säbel und der Revolver. Die Speere sind von zweierlei Art, Wurfspeere und Stoßspeere.

Fig. 1. Wurfspeere der Kabylen. Die Speere sind 1,5 m lang, die Spitzen 0,3 m lang, die Speere wiegen 0,5 kg.

Fig. 2. Stoßspeere der Kabylen. Die Speere sind 2,5 m lang, die Spitzen 0,3 m lang, die Speere wiegen 1,5 kg.

Kunden-Effekt, der sich durch weitere Kopie verstärkt, auf die sogenannte Kopie-Kopie-Kurve. Diese Kurve ist in Abb. 1 dargestellt. Sie zeigt, daß bei einer

linke Hand nahm und es auf Schenkel und Unterarm auflegte. (Abb. 227.) Das nackte rechte Bein wurde dann durch Aufstützen des Fußes auf ein Holzgestell festgestemmt. Die rechte Hand zieht den Faden heraus und walkt ihn durch Reiben und Drehen auf dem Beine glatt. Der fertige Faden fällt in einen Arbeitskorb. Vielleicht diente dieses Verfahren auch nur dazu, ein gröberes „Vorgarn" herzustellen, das dann auf den Rocken aufgesteckt wurde, um zum „Feingarn" versponnen zu werden. Anstatt des Schenkels wird zum Walken des Fadens in Griechenland auch oft ein besonderes Gefäß, eine Tonröhre benutzt, die man über den Oberschenkel stülpte, der über den Oberschenkel des anderen Beines gelegt wurde. Diese, die Gestalt eines vorne durch eine Platte geschlossenen Halbzylinders von 24—30 cm Länge zeigende Röhre, „Epinetron" oder „Onos" genannt, ist oft sehr hübsch mit Malereien geschmückt (Abb. 228).

Abb. 228. Onos. Athen, Nationalmuseum.

Nach dem Spinnen erfolgt die Weiterverarbeitung des Fadens, der oft noch eine Vorbehandlung vorangeht, die verschiedener Art sein kann. So verstärkt man den Faden durch Zusammendrehen mehrerer Einzelfäden. Herodot (III 47) erzählt uns von dem schon erwähnten Panzerhemd des Amasis: „Was es aber bewunderungswürdig macht, das ist jeder einzelne Faden; nämlich die Fäden sind gar nicht grob, und doch besteht jeder wieder aus dreihundertsechzig Fäden, die kann man alle unterscheiden". Ferner verspann man in die Fäden Goldfäden, verstanden doch die Goldarbeiter des Altertums, dieses Metall zu sehr dünnen Drähten auszuziehen. Man erhielt dann golddurchwirkte Gewänder (Herodot IX 80). Auch Asbestfäden scheinen den gewöhnlichen Fäden zugesetzt worden zu sein, um feuersichere Gewänder zu erhalten, sofern man den Asbest, den man aus Germanien und Britannien bezog, nicht überhaupt in reinem Zustande verwendete.

Die Verarbeitung des Fadens.

Die weitere Verarbeitung des Fadens geschah dann durch Flechten oder Stricken, ferner durch Knüpfen und Sticken sowie durch Weben. Die erstgenannten Arten der Arbeit bedürfen keiner weiteren Erläuterung. Hingegen erregt die Weberei besonderes Interesse; wurden doch, wie wir wissen, durch diese Art der Technik die herrlichsten Teppiche — soweit man sie nicht knüpfte — ferner prachtvolle, mannigfach durchwirkte Gewänder sowie der ganze Bedarf des Haushaltes an Geweben der verschiedensten Art geschaffen. Auch das Weben ist Frauenarbeit und Hausarbeit und geschah mit Hilfe eines Webstuhls, der mehr als primitiv genannt werden muß. Zwar sind uns die aus Holz hergestellten Webstühle nicht mehr erhalten geblieben, doch kennen wir sie aus Abbildungen auf Vasen, wie z. B. auf einer solchen, die aus dem 5. Jahrhundert v. Chr. stammt und in Theben ausgegraben wurde. Sie befindet sich im Britischen Museum zu London (Abb. 231 S. 176). Der Webstuhl des Altertums besteht — und zwar wahrscheinlich bei allen Völkern — aus zwei senkrechten Holzpfeilern, die zunächst wohl einfach in die Erde gesteckt, später aber auf einer Querleiste befestigt

Digitized by Google

Mexiko. Eine neuere Gesamtkarte, durch eine Übersichtskarte ergänzt, ist die von Ernst Gaedicke, Mexiko, Verlag von Dietrich Reimer (Ernst Vohsen), 1:2 000 000.

Die Karte ist in drei Farben gedruckt, Schwarz, Blau und Braun. Schwarz sind die Ortsnamen, Eisenbahnen, Grenzen und Gebirgsschraffen, Blau die Gewässer, Braun die Höhenschichten. Die Farben sind gut gewählt, die Karte ist übersichtlich und klar.

Weniger scharf und übersichtlich kann man die Karten von Mexiko und Zentralamerika in Stielers Handatlas, 1:7 500 000, nennen.

Über die Karte von Mexiko in Andrees Handatlas, 1:5 000 000, ist bereits früher berichtet worden. Sie ist in der neuen Auflage unverändert geblieben.

haben statt der Steine einen Balken (Abb. 230). In der Mitte des Webstuhls befanden sich zwei Balken, die dazu dienten, die Kettfäden in eine vordere und hintere Reihe zu trennen, so daß sich die einzelnen Reihen bald vor, bald hinter dem Schußfaden hindurchzogen. Natürlich mußte nach jedem Durchziehen des Schußfadens gewechselt werden. Die Abbildung auf der erwähnten Vase (Abb. 231) läßt links deutlich eine Aussparung (oder etwas Ähnliches) in dem einen senkrechten Balken erkennen, wodurch vielleicht das Wechseln ermöglicht wurde. Wie es stattgefunden haben dürfte, ist allerdings nicht klar. Die Vermutung ist vielleicht nicht ungerechtfertigt, daß man die Stäbe einfach von der Seite her einschob und herauszog und so den Wechsel hervorbrachte. Vielleicht verfuhr man, ehe man Wechselvorrichtungen für die Kettfäden anbrachte, auch so, daß man die beiden Reihen einfach durch Befestigen an zwei Balken auseinanderhielt und daß man dann — etwas mühselig allerdings — mit dem Schiffchen oder mit der Spule um einen Faden nach dem anderen, und zwar einmal vorne und einmal hinten, herumfuhr. Das Schiffchen bestand ursprünglich wahrscheinlich aus einem Stabe, der unten und oben mit Einkerbungen versehen war, und auf den der Schußfaden aufgewickelt wurde. Daß statt seiner auch Spulen Verwendung fanden, auf die das Garn einfach aufgewickelt wurde, geht aus erhaltenen Vasenbildern hervor. Die Weberschiffchen späterer Zeit (siehe Abb. 232) ähneln den heutigen. Sie sind aus Holz oder Bein hergestellt, vorne spitz, hinten mit Handgriff versehen, ausgekehlt und besitzen zwei Öffnungen oder Schlitze zum Befestigen des Fadens. Das Schiffchen war nicht doppelseitig, d. h. mit zwei Spitzen versehen, also auf beiden Seiten gleich gestaltet, so daß es nicht einfach hin und her geworfen werden konnte; es mußte jedesmal gedreht werden, so daß die Spitze in der Wurfrichtung stand. Der durchgezogene Schußfaden wurde dann mit einem flachen Holzscheit kräftig in den von den Kettfäden gebildeten Winkel hineingeschlagen, um dem Gewebe die nötige Festigkeit zu geben.

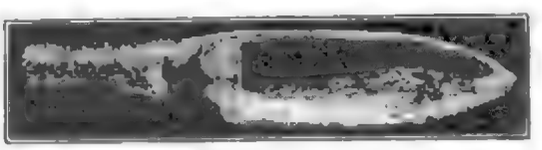


Abb. 232. Römisches Weberschiff aus Bein
Fundort Mainz
Altertumsmuseum der Stadt Mainz.

Zum Hineinschlagen bediente man sich erst wohl stets nur dieses einfachen Scheites, des „Weberschwertes" (σπάθη, spatha) (Abb. 233 Mitte), das man

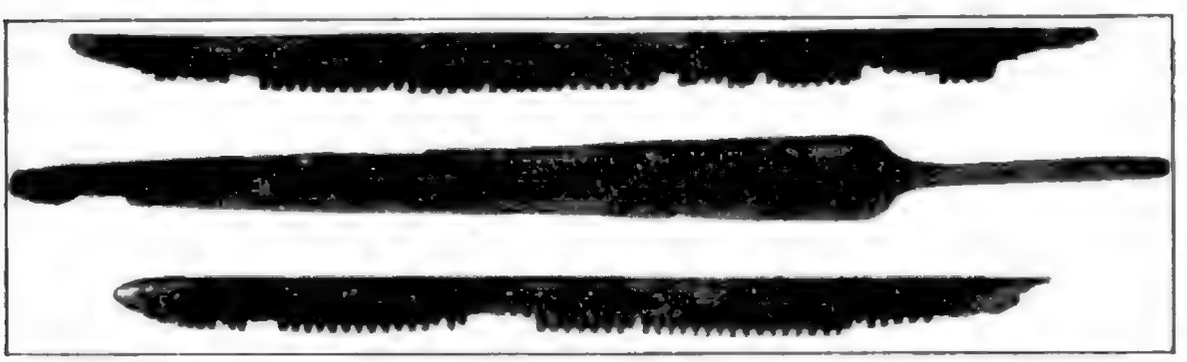


Abb. 233. Ägyptisches Weberschwert (in der Mitte) und zwei Weberkämme aus Holz.
Berliner Museum, Ägyptische Abteilung.

dann mit Zähnen versah, so daß es zum Weberkamm (κτείς, pecten) wurde. Der Weberkamm wurde schon von den Ägyptern gebraucht, und zwar entweder in wirklich kammartiger Form (Abb. 233 oben und unten), oder in der eines

Digitized by Google

Ritz, 1884, 1885. Die Wasser- und Luftwege des Kehlkopfes, Nasenhöhle und Mundhöhle. Mit 2 Tafeln. Leipzig, Verlag von Veit & Comp. 1884. Preis 3 Mk. 60 Pf.

Fig. 1. Ansicht des Kehlkopfes von der Rachenhöhle aus (nach Ritz, Tafel I).

Fig. 2. Ansicht des Kehlkopfes von der Mundhöhle aus (nach Ritz, Tafel II).

Ritz, Tafel I, Fig. 1 und Tafel II, Fig. 2. Die Stimmritze ist geöffnet, die Stimmbänder sind sichtbar, ebenso die Taschenbänder, die Kehlkopfhöhle, die Luftröhre und die Speiseröhre. Tafel I, Fig. 2 und Tafel II, Fig. 1. Die Stimmritze ist geschlossen, die Stimmbänder sind sichtbar, ebenso die Taschenbänder, die Kehlkopfhöhle, die Luftröhre und die Speiseröhre. Tafel I, Fig. 3. Die Stimmritze ist geschlossen, die Stimmbänder sind sichtbar, ebenso die Taschenbänder, die Kehlkopfhöhle, die Luftröhre und die Speiseröhre. Tafel II, Fig. 3. Die Stimmritze ist geschlossen, die Stimmbänder sind sichtbar, ebenso die Taschenbänder, die Kehlkopfhöhle, die Luftröhre und die Speiseröhre. Tafel I, Fig. 4. Die Stimmritze ist geschlossen, die Stimmbänder sind sichtbar, ebenso die Taschenbänder, die Kehlkopfhöhle, die Luftröhre und die Speiseröhre. Tafel II, Fig. 4. Die Stimmritze ist geschlossen, die Stimmbänder sind sichtbar, ebenso die Taschenbänder, die Kehlkopfhöhle, die Luftröhre und die Speiseröhre.

Fig. 3. Ansicht des Kehlkopfes von der Rachenhöhle aus (nach Ritz, Tafel I).

Fig. 4. Ansicht des Kehlkopfes von der Mundhöhle aus (nach Ritz, Tafel II).

Rudolf Virchow †. Ein Gedenkblatt zu seinem 80. Geburtstage. Mit einem Bildnis. Berlin, Verlag von Georg Reimer. 1901. Preis 1 Mk.

ten. Zum Reinigen der Stoffe diente zunächst einmal das Seifenkraut, von dem Dioscorides ausdrücklich erzählt, daß man es zum Waschen der Stoffe und Kleider verwendet. Von den verschiedenen Arten des Seifenkrautes dürfte man wahrscheinlich — und zwar sowohl bei den orientalischen Völkern wie auch bei den Griechen und Römern — Gypsophilla struthium verwendet haben, deren Wurzel heute noch im Orient zum Waschen der Schals dient und unter dem Namen „Seifenwurzel" zu uns ausgeführt wird. Auf ihre Anwendung bei den Völkern des Mittelmeeres läßt der Umstand schließen, daß Plinius sie unter dem Namen „Struthion" anführt und berichtet, sie diene zum Entfetten der Wolle. In Indien benutzte man die Wurzel und zerquetschten Früchte verschiedener Arten von Rorak oder Seifenbaum (Sapindus emarginata, maduriensis, saponarius senegalensis). Auch der Urin, der von den Wäschern oder Walkern, den „Fullonen" der Römer, in Kübeln gesammelt wurde, die zur gefälligen Benutzung an den Straßenecken aufgestellt waren, diente, nachdem er gefault war, als Reinigungsmittel, das infolge seines Gehaltes an Ammoniak entfettend und daher auch reinigend wirkte. Die reinigende Wirkung wurde dadurch noch erhöht, daß durch das Ammoniak eine teilweise Verseifung des Fettes, also eine Bildung von Seife, eintrat.

Von anorganischen Körpern, die zum Reinigen der Stoffe dienten, ist die rohe Pottasche zu erwähnen, die man durch Auslaugen verschiedener Pflanzenaschen erhielt. Ebenso benutzte man auch die als Verdunstungsrückstand verschiedener ägyptischer Seen natürlich vorkommende Soda, die in der Bibel als „Neter" bezeichnet wird.

Die Reinigung der Stoffe wurde dadurch zu einer vollkommeneren gemacht, daß man mit der chemischen Behandlung durch Seifenwurzel, Pottasche usw. usw. eine mechanische verband. Diese mechanische Behandlung war zunächst eine sehr einfache. Aus ägyptischen Darstellungen geht hervor, daß man die Stoffe auf eine schiefe Unterlage legte, die mit ihrem unteren Ende manchmal in das Waschgefäß eintauchte, und daß man sie dann mit scheinbar ziemlich schweren Steinen schlug. Die Wandmalereien von Civita sowie die Ausgrabungen von Pompeji lassen uns aber erkennen, daß bei den Römern der Arbeiter in einem weiten mit der Reinigungslauge gefüllten Gefäße stand und die darin liegenden Stoffe teils mit den Füßen trat, teils mit den Händen durchwalkte (Abb. 236 S. 180). Da die Indier auch heute noch die mechanische Reinigung der Stoffe durch Schlagen mit Steinen und hölzernen Hämmern vornehmen, so kann man wohl annehmen, daß es auch in alten Zeiten nicht anders gewesen sein dürfte.

Das Färben der Gewebe.

Nach der chemischen und mechanischen Reinigung folgte das Färben. Es wurde entweder schon am Garn oder — vielleicht seltener — am fertigen Stoffe vorgenommen. Die Färberei geschah entweder direkt dadurch, daß man die Stoffe in die Farbstofflösung gab, oder nach dem Verfahren der sogenannten „Beizenfärberei", die Plinius (XXXV 150), und zwar in der Weise, wie sie bei den Ägyptern ausgeübt wurde, eingehend beschreibt, wobei er sich übrigens, wie nebenbei bemerkt sei, auf Herodot stützt, der das Verfahren aus eigener Anschauung kannte und deshalb hier wohl als zuverlässig gelten kann. Plinius berichtet: „In Ägypten werden die Kleider nach einem merkwürdigen Verfahren gefärbt. Zuerst werden sie gereinigt, sodann getränkt, nicht mit Farbe, sondern mit mehreren farbaufsaugenden Substanzen; diese Substanzen kommen zunächst auf den Stoffen nicht zum Vorschein, aber wenn letztere

Digitized by Google

in den Färbebottich getaucht werden, ſo kann man ſie nach kurzer Zeit vollſtändig gefärbt herausnehmen. Und was das Wunderbarſte iſt, obſchon der Bottich nur einerlei Farbe enthielt, ſo iſt doch der Stoff plötzlich in verſchiedenen Farben gefärbt, je nach der Natur der angewandten Subſtanzen. Und dieſe Farben können nicht nur durch Waſchen nicht mehr entfernt werden, ſondern die ſo gefärbten Stoffe ſind noch haltbarer geworden." Im übrigen aber war die Verwendung von Beizen zur Färberei auch ſonſt bekannt. So wird z. B. bei der Purpurfärberei eine Alaunbeize verwendet, ferner ſcheint man den Weinſtein zur Fixierung des Farbſtoffs auf der Faſer benutzt zu haben. Auch Farblacke dürften Verwendung gefunden haben; hat man doch in den Titusthermen rote Farben aufgefunden, die ſich bei der Unterſuchung durch den engliſchen Chemiker Davy als Tonerde-Krapplacke erwieſen.

(Über die zum Färben verwendeten Farben ſiehe den Abſchnitt: Farbſtoffe, wo, ſoweit dies nötig erſcheint, auch noch nähere Angaben über die Herſtellung der Farbflotten gemacht werden.)

Walken und Herſtellung von Tuchen.

Die vorſtehend beſchriebene Entwicklung der Herſtellung von Geſpinſten und Geweben war wohl lange Zeit die vorherrſchende und allgemein gebräuchliche. Später (wann, iſt unbekannt) erfuhr die Textiltechnik inſofern eine Erweiterung, als das Walken der Webſtoffe aufkam, das von einem gewiſſen Nikias in Megara erfunden worden ſein ſoll. Das Walken hat den Zweck, die verhältnismäßig loſen Faſern der Gewebe feſt miteinander zu vereinigen, ſo daß aus dieſen Geweben dann Tuche entſtehen. Der beim Walken ſich abſpielende Vorgang iſt der des „Verfilzens". Durch ihn wird das Gewebe in Tuch umgewandelt. Wie oben bereits mehrfach erwähnt, wurden die Gewebe zuweilen geſchlagen, ſowie auch mit den Füßen getreten und mit den Händen durchgewalkt. Man muß ſich den Vorgang nun ſo vorſtellen, daß ſich das Waſchen und das Walken eigentlich nur durch die Länge der aufgewendeten Zeit und die Größe der zur Anwendung gebrachten Kraft unterſchieden. Sollte man nur waſchen, ſo arbeitete man kürzere Zeit und mit weniger Kraft; beim Walken wurde unter ſtärkerem Kraftaufwand ſo lange fortgefahren, bis der Zweck, die Herbeiführung einer Verfilzung, erreicht war. Die Vorrichtungen dürften für beide Zwecke ziemlich ähnliche geweſen ſein; ſie beſtanden aus Trögen oder Gruben, die in der Nähe fließenden Waſſers gelegen waren. Der Stoff wurde in der ſchon beim Waſchen beſchriebenen Weiſe unter Zuſatz von Soda (νίτρον lat. nitrum, das ſeines ähnlichen Ausſehens wegen im Altertum oft mit Salpeter verwechſelt wird) oder von gefaultem Urin oder auch von tonigen Stoffen, die ſich leicht mit dem Fett verbanden, mit den Füßen getreten. Es gab ſogar eine ſogenannte „Walkererde", die von der Inſel Kimolos bezogen wurde. Auch von Samos und von

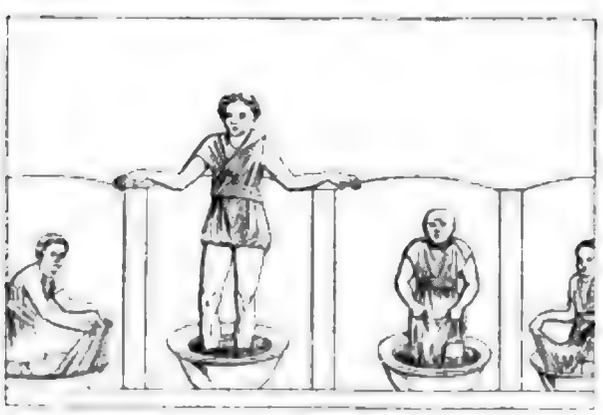


Abb. 236. Das Walken der Stoffe. Wandgemälde aus der „Fullonica" in Pompeji.

anderen Orten wurde solche Erde nach Griechenland und Rom gebracht. Das Verfahren und auch die Mittel dürften bei den meisten Völkern des Altertums die gleichen gewesen sein: War der Stoff genügend durchgewalkt, so folgte, wobei wir den Ausführungen Blümners folgen, das Auswaschen und das Schlagen, durch das die Verfilzung eine vollständige wurde. Wie jetzt auch noch, so wurde der nunmehr verfilzte Stoff an der Oberfläche aufgerauht, wozu man Disteln benutzte, die man in geeignete mit Handgriffen versehene Vorrichtungen einspannte (Abb. 237 u. 238), ein Verfahren, das ja auch heute noch angewendet wird. Die Disteln heißen

Abb. 237. Zum Trocknen aufgehängte Tücher und Einspannen oder Reinigen der zum Aufrauhen dienenden Disteln usw. (unten rechts).
Wandgemälde aus der Fullonica in Pompeji.

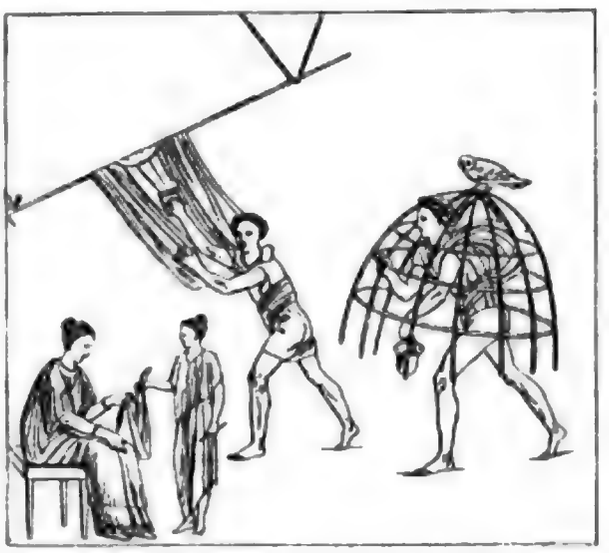


Abb. 238. Das Krahen der Stoffe.
Der Mann rechts trägt ein zum Schwefeln (s. Seite 182) der Stoffe dienendes Gestell und ein Henkelgefäß, in dem vielleicht der dabei verwendete Schwefel entzündet wurde. Darauf eine wohl als Haustier gehaltene und vom Maler mit verewigte Eule.
Wandgemälde aus der Fullonica in Pompeji.

in der Textilindustrie jetzt „Rauhkarden". Mit diesen eingespannten Disteln fuhr man an den aufgehängten oder aufgespannten Tüchern auf und nieder (Abb. 238). Auch die Stacheln des Igels wurden zu dem gleichen Zwecke benutzt, vielleicht auch metallene mit scharfen Zähnen versehene Kämme oder Bürsten. Die hierbei abgekratzten Wollfasern wurden sorgfältig gesammelt und waren ein beliebtes Material zum Ausstopfen von Ruhekissen.

Die aus den vorstehend beschriebenen einzelnen Verrichtungen sich zusammensetzende Herstellung der Tuche bildete ein insbesondere auch bei den Römern in großem Maßstabe ausgeübtes Gewerbe, dessen Umfang und Eigenart es notwendig machten, daß man die Gebäude seinen Zwecken anpaßte. So entstanden die Tuchwalkereien, z. T. nach Art unserer heutigen Fabriken in technischer Hinsicht besonders eingerichtete Gebäude. Die Tuchwalkerei (Fullonica) in Pompeji (Abb. 239 S. 182) besitzt an der Straße des Merkur vier Läden (1, 3, 5, 6), die, wie dies bei römischen Häusern meist der Fall war (siehe im Abschnitt „Bauwesen" S. 323), keinerlei Verbindung mit dem Hause hatten. Dagegen haben 1 und 3 je ein Hinterzimmer 2 und 4. Die Hinterzimmer von 5 und 6 waren im 1. Stock. 8 ist der Hausflur, 7 wohl eine Art Pförtnerzimmer, 10 das Atrium, in dessen Mitte sich ein von Säulen getragener Schuppen befand, an dessen Vorderseite bei b ein Brunnen sprudelte. Am Pfeiler a die z. T. hier wiedergegebenen Gemälde. Der Raum 14 war wohl der Trockenraum, während 22

Digitized by Google

und 23 die Werkstatt darstellen. In 22 wurden wahrscheinlich die gewaschenen Zeuge gekratzt, in 23 scheint die Presse (siehe unten) gestanden zu haben. An den vier Trögen 26 ist wohl die Färberei zu erkennen; die beiden äußeren Tröge standen höher als die beiden mittleren gleich hohen miteinander verbundenen, in die deshalb die Flüssigkeit aus den äußeren ablief. Die Tröge sind verschieden tief, der erste 1,15 m, der letzte 0,5 m. 28 ist ein Wasserbecken, das wohl zum Nachspülen der gewalkten Stoffe diente. Im Raume 27, der in sechs Zellen geteilt war, die auch auf Abb. 236 deutlich zu erkennen sind, wurden die Tuche dadurch gewalkt, daß man auf ihnen herumtrat. Zimmer 30, in dem eine Wanne und ein Steintisch sowie große Mengen Seife (?)[1]) gefunden wurden, war der Waschraum, in dem die Stoffe auf dem Steintisch mit einem Schlagholz geschlagen wurden. Die übrigen Räume sind Privaträume. Unter ihnen ist hauptsächlich Raum 19 zu erwähnen, der eine Bäckerei enthielt.

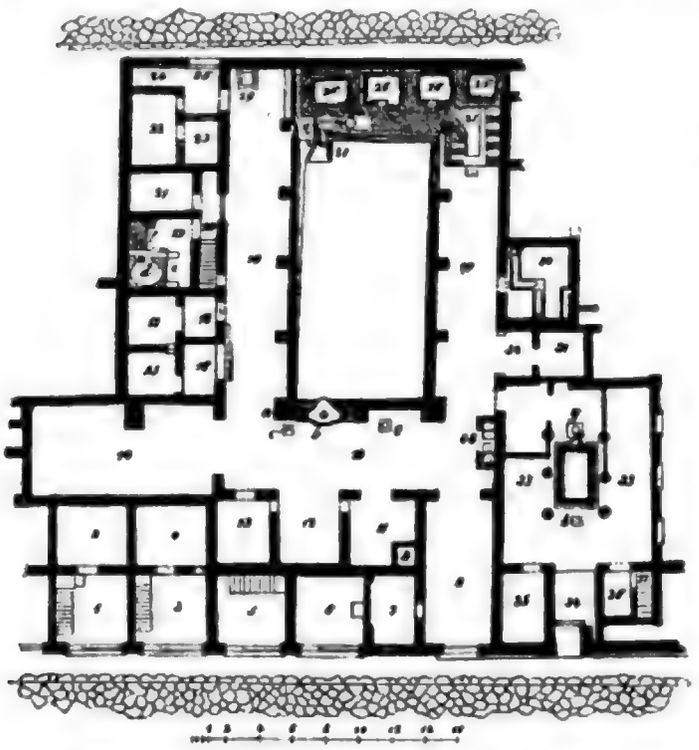


Abb. 239. Plan der Fullonica in Pompeji.

Bleichen und Pressen.

Der nunmehr eigentlich fertige Stoff war trotz der gründlichen Behandlung, die man ihm hatte angedeihen lassen, immer noch nicht von jener blendenden Weiße, die man wünschte, und die bei manchen Völkern für gewisse Gewänder, wie z. B. die der Priester, vorgeschrieben war. Man ließ deshalb bei weißen Tüchern und vielleicht auch bei manchen echt gefärbten einen Bleichprozeß folgen. Die Rasenbleiche war im Altertum unbekannt; das Bleichen wurde durch Schwefeln vorgenommen. Dazu diente ein einem runden Vogelkäfig oder der Krinoline seligen Angedenkens ähnliches Rohrgestell, das man auf den Boden aufsetzte (Abb. 238). Man breitete die Tücher darüber, so daß es vollkommen bedeckt war, und schob dann eine Pfanne oder einen Topf mit angezündetem Schwefel darunter. Bei derartig primitiven Vorrichtungen konnte der Bleichprozeß natürlich nicht gleichmäßig verlaufen, es mußten immer einzelne dunklere Stellen bleiben. Um sie zu verdecken, und um dem Gewebe das im Altertum so beliebte blendendweiße Aussehen zu geben, rieb man es dann

[1]) Die Ausgrabung der 1825 entdeckten Fullonica erfolgte 1826. Es läßt sich deshalb nicht mehr feststellen, ob die gefundene Masse wirklich Seife war. Wahrscheinlich ist dies nach dem bei der Seife Gesagten (siehe Seite 119) nicht.

Digitized by Google

Fig. 1. Dünnschliff eines Kalkes aus dem Contact mit Granit. Vergr. 30.

Figure 1.3 Photograph of a Pentium processor circuit board (with permission from Intel).

Literatur zum Abschnitt: „Gespinste und Gewebe".

Blümner, Technologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. 1. Bd. Leipzig und Berlin 1912.

Braulik, Altägyptische Gewebe. Stuttgart 1910.

Bucher, Geschichte der technischen Künste. Stuttgart 1893, Bd. III.

v. Cohausen, Das Spinnen und Weben bei den Alten. Annalen des Vereins für nassauische Altertumskunde und Geschichte 1879. S. 23.

Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.

Dépierre, Die Waschmaschinen. Wien 1884.

Fisch, Die Walker oder Leben und Treiben in altrömischen Wäschereien. Berlin 1891.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1889—1890.

Führer durch die Skulpturen- und Antikensammlung des Museums Wallraf-Richartz der Stadt Köln. Köln 1911.

Grempe, Wie die Seide nach Europa kam. Welt d. Technik 1911, S. 390.

Helbig, Wandgemälde der verschütteten Städte. Leipzig 1868.

Herodot, Geschichten. Leipzig. 2. Buch, 35, 81; 3. Buch, 47. 98; 4. Buch, 74; 7. Buch, 65; 9. Buch, 80.

Hübner, Untersuchung einiger altägyptischer Gewebe. Referat der Zeitschr. f. angew. Chem. 1909, S. 2107, nach Journal Soc. Dyers and Col. 1909, S. 223.

Jaeck, Industrie und Gewer beim Altertum. Prometheus 1898, S. 434.

Lepsius, Denkmäler aus Ägypten und Äthiopien. Berlin 1849—1860, Bd. II.

Lewin-Dorsch, Die Technik in der Urzeit. Stuttgart 1912.

Mansch, Über Gobelinweberei. Welt der Technik 1905, S. 1.

Marquardt-Mau, Das Privatleben der Römer. Leipzig 1886.

Mau-Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken. Leipzig 1884.

Medicus, Kleines Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.

Pariset, Histoire de la Soie. Paris 1862.

Pauly, Realenzyklopädie der klassischen Altertumswissenschaft. Stuttgart 1899, Bd. III, Spalte 1108—1114.

Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Chemnitz 1896.

Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner. Leipzig 1881.

— Troja. Leipzig 1884.

Silbermann, Die Seide, ihre Geschichte, Gewinnung und Verarbeitung. Dresden 1897.

Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878. Bd. I u. II.

Witt und Lehmann, Chemische Technologie der Gespinstfasern. Braunschweig 1910.

Woenig, Die Pflanzen im alten Ägypten. Leipzig 1897.

Yoshida, Entwicklung des Seidenhandels und der Seidenindustrie vom Altertum bis zum Ausgang des Mittelalters. Heidelberg 1895.

Digitized by Google

Die Farbstoffe.

Die Färberei gehört zweifellos zu den ältesten Techniken, denn schon die ältesten Überlieferungen (z. B. 1. Buch Mose 37, 23, 2. Buch Mose 26, 1 und 39, 1; aus späterer Zeit Esther 1, 6 usw. usw.) berichten von gefärbten Kleidern, die zum Teil ausführlich beschrieben werden. Allerdings kennt das Alte Testament nur drei Farbstoffe, den Purpur, den Kermes und den Krapp (Pinner). Da nun der Färberei unbedingt die Bereitung der Farbstoffe vorhergehen mußte, so dürfte auch dieser Zweig der chemischen Technik auf ein außerordentlich hohes Alter zurückblicken. In den ältesten ägyptischen Gräbern hat man gefärbte Stoffe gefunden. Die Phönizier waren berühmt wegen ihrer Färbekunst, und insbesondere in der Hauptstadt Tyrus wurden prachtvoll gefärbte Stoffe und Teppiche hergestellt, die als vielbegehrte Handelsprodukte in alle Welt verfrachtet wurden. Nach E. Curtius soll die Färbekunst mit dem Dienste der Aphrodite aus Phönizien nach Griechenland verpflanzt worden sein.

Der Purpur.

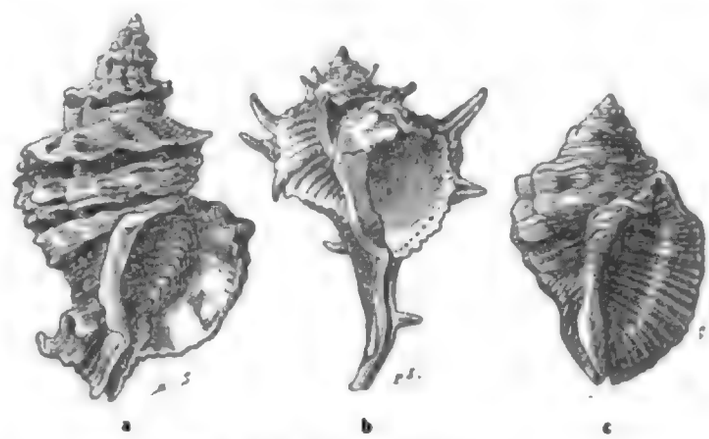
Die im Altertum verwendeten Farbstoffe waren im Anfange wohl ausschließlich organischer Natur, d. h. tierischen oder pflanzlichen Ursprungs. Mineralische Farbstoffe kamen jedenfalls erst später auf. Der berühmteste unter allen Farbstoffen des Altertums war der Purpur, der von den Phöniziern, und zwar in Tyrus erfunden worden sein soll. Die Sage berichtet, daß ein Hund eine am Meeresstrande liegende Purpurschnecke zerbiß und durch die herrliche tiefrote Farbe, die dann an seiner Schnauze klebte, eine Schäferin veranlaßte, den Saft dieser Schnecke zum Färben ihres Gewandes zu benutzen. Jahrhundertelang haben die Phönizier das Geheimnis der Purpurfärberei auf das sorgfältigste zu hüten verstanden. Aus dem Handel mit Purpurstoffen floß ihnen ein beträchtlicher Reichtum zu. Der Purpur galt im Altertum als das Symbol des Reichtums und der Vornehmheit. In Rom stand nur den Senatoren das Recht zu, einen breiten Purpurstreifen, latus clavus, um den Ausschnitt ihrer Tunika zu tragen. Die Ritter hatten einen schmäleren Streifen, bei den höheren Staats- und städtischen Beamten war die Toga praetexta mit Purpur umsäumt. Nur der im Triumph einziehende Feldherr durfte sich in ein ganz mit Purpur gefärbtes und mit Gold gewirktes Gewand kleiden. Später, insbesondere unter Nero und dann unter Theodosius (379—395 n. Chr.), wurde durch Gesetze dafür gesorgt, daß lediglich die geheiligte Person des Kaisers vollkommen purpurne Gewänder tragen durfte, ein Recht, das später auch auf die hohen Kirchenfürsten überging, und dessen Reste wir jetzt noch in der Tracht der Kardinäle erkennen.

Trotzdem wir über die kultur- und sittengeschichtliche Bedeutung des Purpurs sowie auch über die hohen Preise für Purpurstoffe, die in Rom zur Zeit des Kaisers Augustus für ein Kilogramm mit Purpur gefärbter Wolle aus Tyrus bis auf 1200 Mark stiegen, sehr genau unterrichtet sind, wußte man doch bis vor verhältnis-

Digitized by Google

mäßig kurzer Zeit nicht, wie denn eigentlich die Purpurfärbung ausſah, noch wie die Technik ihrer Herſtellung gehandhabt wurde. Durch neue und ſehr ſorgfältige Forſchungen hat ſich nun herausgeſtellt, daß es verſchiedene Arten der Purpurfärbung gab, bei denen man je nach dem angewendeten Verfahren und den verwendeten Zuſätzen verſchiedene Farbabſtufungen erhielt. Im allgemeinen war der Purpur um ſo teurer, je dunkler er war. Der dunkelſte und teuerſte Purpur, der mit dem eingekochten Saft der Schnecken ohne weitere Zuſätze hergeſtellt wurde, und bei dem, um die nötige Dunkelheit zu erzeugen, jedenfalls eine Doppelfärbung (dibapha, δίβαφον) angewendet wurde, war ſo dunkel, daß bei der Betrachtung der damit gefärbten Stoffe das Gefühl für die Farbe gegenüber dem für die Dunkelheit vollkommen zurücktrat. So erklären ſich auch die Bezeichnungen des Homer, „purpurne Nacht", „purpurner Tod", uſw. uſw. Die Doppelfärbung erfolgte in der Weiſe, „daß der zu färbende Stoff zuerſt in pelagium, d. h. in dem zubereiteten Safte der Purpurſchnecke (πορφύρα, purpura), und zwar in deſſen halbausgekochtem Zuſtande, darauf in buccinium, d. h. dem Safte der Trompetenſchnecke (κήρυξ, buccinum murex) gefärbt wurde." Hellere Färbungen erhielt man dann durch Verdünnen des Farbbades mit Waſſer oder Urin ſowie durch Zuſatz anderer roter Farbſtoffe, wie Orſeille, Kermes uſw. uſw. Auf dieſe Weiſe entſtanden dann violette bis rötliche Färbungen, für die man auch beſondere Bezeichnungen (Hyazinthpurpur uſw. uſw.) hatte.

Aus Beſchreibungen, die insbeſondere Plinius gibt (IX 132; XXI 45), ſowie durch die Schalen zerſchlagener Muſcheln, die wir an den Stätten antiker Purpurfärbereien finden, ſind wir über die Natur der Purpurſchnecken nunmehr genau unterrichtet. Für die Purpurfärberei kamen verſchiedene Schneckenarten in Betracht, die von Plinius mit dem Sammelnamen „purpura" bezeichnet werden. Lieferanten des koſtbaren Stoffs waren nicht nur die eigentliche Purpurſchnecke, Purpura lapillus, ſondern auch einige Arten der Gattung Murex. Jedes dieſer Tiere lieferte eine beſondere Art von Purpur. In Tyrus wurde vorzugsweiſe mit dem Safte der Schnecke Murex brandaris, in Sidon mit dem von Murex trunculus gefärbt. Die zweite Art wurde auch Amethyſtpurpur genannt. Die Schnecken wurden, wenn ſie klein waren, ſamt den Schalen zerſtampft, die größeren hingegen wurden getötet, zerſchnitten, und dann holte man den Saft heraus. Nach dem Verſetzen mit Salz ließ man ihn drei Tage ſtehen. Die Maſſe wurde dann mit Waſſer gewaſchen und in einem Bleikeſſel bei mäßiger, durch Dampf erzeugter Hitze zehn Tage lang eingekocht. Aus einer Menge von 8000 Pfund Saft erhielt man auf dieſe Weiſe ungefähr 500 Pfund Eindampfrückſtand. Der ſich bildende, jedenfalls aus Fleiſchfaſern, Eiweißſubſtanz uſw. beſtehende Schaum wurde abgeſchöpft. Mit der klaren Flüſſigkeit nahm man Färbeproben vor. Fielen ſie nicht günſtig aus, ſo ſetzte man das Einkochen ſo lange fort, bis die notwendige Konzentration des Farbſtoffs erreicht war. Später, und zwar



a b c

Abb. 249. Purpurſchnecken.
a Murex trunculus; b Murex brandaris; c Purpura haemostoma.

seit dem 6. Jahrhundert n. Chr. ließ man die getöteten Schnecken noch sechs Monate lang liegen, wahrscheinlich um sie eintrocknen zu lassen. Dann nahm man die getrocknete Masse wieder in Wasser auf und verfuhr nun weiter, wie eben angegeben.

Der eigentliche Farbstoff der Purpurschnecken befindet sich nach den Mitteilungen der alten Schriftsteller hinter einem weißen, zwischen Leber und Hals befindlichen Häutchen. Plinius nennt dieses schon von Aristoteles beschriebene Organ „vena" (Ader) und behauptet, daß der Farbstoff darin in „unreifer Form" als weißlicher schleimiger Saft etwa in der Menge eines kleinen Tröpfchens enthalten ist. Nach der eben geschilderten Behandlung soll die Färbung beim Liegen an der Luft, besonders schön aber in der Sonne hervortreten. In dieser Wirkung der Sonne erblickte man früher ein besonderes Wunder und einen göttlichen Ursprung des Stoffes. Die hier geschilderten Beobachtungen sind ziemlich richtig. Auch neuere Untersuchungen haben bestätigt, daß die schleimige Flüssigkeit von einem Organ im Mantel der Schnecke ausgeschieden wird. Man nimmt einerseits das Vorhandensein eines Gärstoffes, der „Purpurase" in der Purpurdrüse der Schnecke und in ihrer Ausscheidung an. In dem schleimigen Saft ist sie noch mit anderen Stoffen, den „Purpurinen" in Berührung, die bei verschiedenen Purpurschnecken verschieden sind, während die Purpurase bei allen die gleiche ist. Durch die Wirkung der Purpurase auf die Purpurine erscheinen die verschiedenen Farben, deren z. B. murex trunculus zwei liefert: eine rotviolette und eine dunkelblaue. Der Saft ist beim Austreten noch farblos. Er wird dann gelb, später grün und schließlich purpurrot. Diese Umwandlung vollzieht sich, wie man heute annehmen kann, durch drei verschiedene Arten von Einflüssen, einen chemischen, nämlich die Wirkung der Purpurase auf die Purpurine; dann aber auch durch die Wärme, bei manchen Arten hingegen durch das Licht, also durch photochemische Einwirkungen. Die Umwandlung erfolgt unter der Entwicklung eines starken und äußerst unangenehmen Geruches, der schon in der ältesten Literatur erwähnt wird. So heißt es in einem altägyptischen Gedicht von ca. 1400 v. Chr. vom Purpurfärber: „Seine Hände stinken, sie haben den Geruch fauler Fische". Plutarch aber sagt in seinem Perikles: „Oft schätzen wir ein Werk und verachten seinen Schöpfer, wie z. B. bei Salben und Purpur: Wir freuen uns ihrer, aber die Färber und Salbenköche halten wir für gemeine Banausen". Die Verachtung der Purpurfärber dürfte wohl mit dem Geruch in Zusammenhang gestanden haben, der ihnen anhaftete. Die endgültig entstandene Farbe ist unlöslich in Wasser und in so hohem Maße unveränderlich, daß sich schon aus dieser Eigenschaft allein ihr im Altertum so hoher Wert erklärt.

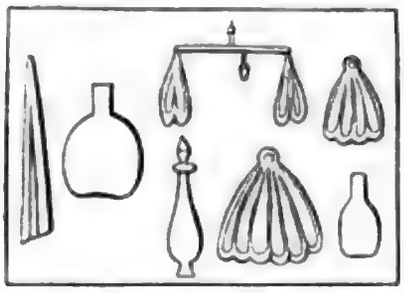


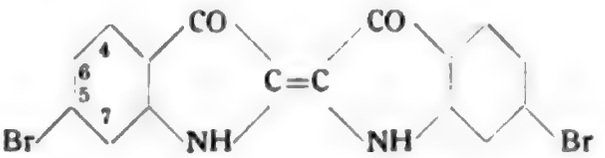
Abb. 250. Gerätschaften eines Purpurfärbers.
Römisches Grabrelief. Links Rührscheit zum Umrühren der Farbbrühe, verschieden geformte Flaschen, gefärbte Wollstränge (?). (Blümner hält sie für Muscheln, doch deutet die ganze Form auf Stränge, die oben über eine Stange gehängt werden, wie es die Färber beim Auswaschen zu tun pflegen), eine Wage zum Abwiegen der gefärbten Wolle, an der gleichfalls solche Stränge zu hängen scheinen.

Dieser Wert ergibt sich aber noch aus einem anderen Grunde: Friedländer, der eingehende Untersuchungen über den Purpurfarbstoff angestellt hat, erhielt aus 12 000 Stück Murex brandaris nur 1,5 Gramm Farbstoff. Angesichts dieser Tatsache darf es nicht wundernehmen, daß sich nach den Berechnungen Friedländers der Preis von einem Kilo Purpurfarbstoff im Altertum auf 40 000—50 000 Mark stellte, und daß die alten Purpurfärbereien ungeheure Mengen von Purpurschnecken verbrauchten. Am Strande von Saida, wo sich eine solche Färberei befand, bedecken

Digitized by Google

die Reſte von Murex trunculus das Geſtade in einer Höhe von mehreren Metern und bei einer Breite von 25 m auf eine Länge von Hunderten von Metern.

Die in neuerer Zeit vorgenommene eingehende Unterſuchung des Purpurfarbſtoffes durch Friedländer zeigte, daß er ein bromhaltiger Abkömmling des Indigos, und zwar 6-6-Dibromindigo von der chemiſchen Formel



iſt, alſo ein Körper, den man ſchon länger kennt, und der zuerſt von R. Sachs auf ſynthetiſchem Wege, d. h. durch chemiſchen Aufbau aus ſeinen Grundſtoffen erhalten worden iſt. Vor dem Kriege ließ ſich dieſer Farbſtoff vielleicht zum Preiſe von 40 bis 50 Mark pro Kilo von chemiſchen Fabriken ſynthetiſch herſtellen. Es wird aber niemand mehr einfallen, dieſen antiken Purpur zu fabrizieren, da der für die Begriffe der Alten ſo prächtige Farbſtoff, deſſen Nuance ein trübes, rotſtichiges und für unſere verwöhnten Augen keinen ſonderlichen Eindruck mehr machendes Violett iſt, in viel ſchönerer Pracht und in derſelben Echtheit durch weit billigere Kunſtprodukte unſerer chemiſchen Induſtrie, vor allem durch verſchiedene Thioindigoderivate, erſetzt werden kann. Die neueſten Forſchungen über den Indigo haben uns alſo um eine Illuſion ärmer gemacht.

Sonſtige organiſche Farbſtoffe.

Als weitere organiſche Farbſtoffe des Altertums, wie ſie insbeſondere zur Stofffärberei verwendet wurden, kommen die folgenden in Betracht, die wir teils aus den Angaben des Plinius, teils aus dem Stockholmer und Leydener Papyrus, teils aus anderen Beſchreibungen, zum Teil aber auch aus Analyſen altägyptiſcher (Hübner) und ſonſtiger Gewebe kennen (nach Blümner, Hübner, v. Lippmann uſw.).

Für Rot benutzte man hauptſächlich den Kermes oder die Scharlachbeere (Plinius IX 141; XV 8), eine der Koſchenille ähnliche, auf Eichenlaub lebende Schildlaus. Der Name „Kermes“ bzw. „Alkermes“ kam erſt im Mittelalter auf, im Altertume nannte man die Scharlachbeere „coccum“ (bei den Griechen κόκκος). Sie diente zur Scharlachfärberei. Als weitere rote Farbe wurde die Färberröte oder der Krapp benutzt (Plinius IXX 4, XXIV 11), der unter dem Namen „rubia“, ἐρυθρόδανον viel verwendet wurde und ebenſo wie Kermes und Orſeille als Zuſatz zum Purpur Verwendung fand. Ein weiterer roter Farbſtoff war die Anchuſa, die aus der Wurzel des Ochſenzungenkrauts gewonnen wurde. Heute iſt ſie unter dem Namen „Alkanna“ bekannt. Sie diente nicht nur zum Färben von Gewändern, ſondern auch als rote Schminke (Plinius XXII 20). Unter Hyacinthus (Plinius XXI 26), der „Purpurblume“, iſt wohl eine Malvenart zu verſtehen, die gleichfalls als unechter Purpur Verwendung fand. Auch die Heidelbeere („vaccinium“) diente zum Färben, namentlich in Gallien und beſonders von Sklavenkleidern (Plinius XIII 77), die damit wohl ſchmutzig (ſchwärzlich) rot wurden.

Gelb färbte man in der Hauptſache mit Safran, und zwar ſchon von alters her. Binden von ägyptiſchen Mumien aus der 12. Dynaſtie, alſo von etwa 2500 v. Chr., waren mit dem ägyptiſchen Safflor (Carthamus tinctorius) gefärbt (Hübner). In Rom verwendete man neben anderen Safflorarten auch „Genista“, den Färberginſter (Plinius XVI 18), der ein ſchönes und vor allem echtes Gelb ergibt. Der

Safran selbst wurde nicht selten mit Bleiglätte verfälscht (Dioscorides, Mat. med. I 25). Auch der Wau, „lutum", war ein in der römischen Färberei gebrauchter rotgelber Farbstoff. Ein weiterer gelber Farbstoff war die Wurzel des Lotosbaumes (Plinius XVI 124).

Zur Herstellung brauner Farben diente der Elsterbeerbaum (Lotos medicago arborea), von dem die Rinde und die Wurzel Verwendung fanden (Plinius XXVI 30). Ferner nahm man die Rinde und die grüne Fruchtschale des Nußbaumes.

Blaue Farben standen in reicher Auswahl zur Verfügung: Zunächst der Waid, „glastrum" oder „vitrum" (ἴσατις). Es scheint, daß man ihn gären ließ, daß man also eine „Küpe" ansetzte. Erzählt doch Plinius (XXXV 46) von zwei Arten „indicum", von denen das eine „einen purpurfarbigen Schaum bilde, der in den Färbekesseln obenauf schwimme, abgeschöpft und von den Künstlern getrocknet werde". Ob hier nun wirklicher Indigo vorlag, oder ob ein anderer Farbstoff gemeint war, läßt sich vom technischen Standpunkte aus nicht mit Sicherheit sagen. So viel scheint festzustehen, daß die Alten nicht verstanden, den Indigo in Lösung zu bringen, denn er scheint lediglich als Malerfarbe, nicht aber zum Färben der Stoffe verwendet worden zu sein.

Eine weitere blaue Farbe war der Lackmus, der in frischem Zustande auch zur Rotfärberei diente und nach Theophrast (h. pl. I 6, 5) sogar schöner gewesen sein soll als Purpur. Der Lackmus (Orseille) behielt aber beim Waschen mit alkalischen Stoffen seine rötliche Farbe nicht, da diese nur bei Vorhandensein von Säuren bestehen kann. Die Farbe schlug in Blau um. Ob man hiervon mit Bewußtsein Gebrauch machte, ist zweifelhaft. Der Stockholmer Papyrus gibt eine ganze Anzahl von Vorschriften, um die Rosenfarbe des Orseillefarbstoffs und auch der Alkannafarben dauerhafter und fester zu machen. Als solche Mittel werden empfohlen die Anwendung von Schafhaaren, Zwiebelsaft, Abkochungen aus Bilsenkraut, solche von den Blättern des Zitronenbaumes usw. usw. Der Lackmus (fucus marinus) kam in verschiedener Güte zur Anwendung: manche Arten schätzte man höher, manche weniger. Besonders geschätzt waren die aus Kreta (Plinius XXXVI 10, XXXII 6, XIII 136).

Die hauptsächlichste schwarze Farbe dürfte aus Eichenrinde bereitet worden sein (Plinius XIII 15).

Außer den vorstehend angeführten, am meisten gebrauchten Farbstoffen gab es noch eine ganze Anzahl weiterer, seltener erwähnter und daher auch wohl nur in besonderen Fällen gebrauchter, deren Natur sich obendrein nicht immer mit Sicherheit ermitteln läßt.

Anorganische Farbstoffe und Malerfarben.

Während die organischen Farbstoffe, wie schon hervorgehoben, hauptsächlich zu Gespinst- und Stoffärberei Verwendung fanden, wurden die anorganischen als Glasur und als Malerfarben verwendet. Soweit sie als Glasurfarben sowie zum Färben des Glases dienten, ist über sie in den Abschnitten über Keramik und die Glasindustrie schon das Nötige gesagt. Es seien deshalb nachstehend hauptsächlich die Malerfarben betrachtet.

Die Geschichtschreiber des Altertums erzählen, daß die alten Maler lange Zeit hindurch nur vier Farben gekannt und angewendet hätten, nämlich nur Weiß, Gelb, Rot und Schwarz. Diese Angabe erscheint wenig glaubhaft, denn außer den verschiedenen organischen Farbstoffen standen ja auch noch anorganische ohne weiteres zur Verfügung, die sich fertig gebildet in der Natur vorfanden, und die man nur zu

Digitized by Google

pulvern und zu verwenden brauchte. Es sei daran erinnert, daß gerade die in der eben erwähnten Skala fehlenden so wichtigen Farben Blau und Grün schon in alter Zeit in Form der Kupfererze Malachit und Kupferglasur bekannt gewesen sein dürften. Die Freude an der Farbe und Malerei zeigt sich bei allen Völkern des Altertums. Besonders die Ägypter bemalten seit uralten Zeiten die Wände und Säulen ihrer Gebäude, Tempel und Paläste ebenso wie die Särge der Mumien, wobei sieben Farben zur Verwendung kamen, und zwar:

Schwarz (Kopfhaar und Bart usw.),
Weiß (Eisen, Wasser, Berge usw.),
Blau (Eisen, Wasser, Berge usw.),
Gelb (Sand- und Kalkstein, rohes Holz, der Löwe usw.),
Grün (das Krokodil usw.),
Zinnoberrot (die Sonnenscheibe usw.),
Braunrot (Pferde, Hase, Antilopen usw.; Baumstämme, die Iris und die Tränensäckchen in den Augen; Granit usw.).

Die am häufigsten angewandte Farbe war von braunroter Tönung, welche dem sogenannten „pompejanischen Rot" entspricht. Ihrer chemischen Zusammensetzung nach war sie ein Gemisch von Eisenoxyd, welches aus den Roteisenlagern Ägyptens gewonnen wurde, mit Ton. Das Korn dieser Farbe ist ein so feines, daß man fast versucht sein könnte, anzunehmen, sie sei durch Ausfällen aus Lösungen hergestellt worden. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß das Eisenoxyd durch lange fortgesetztes Zerreiben unter Wasser und Abschlämmen in die brauchbare Form gebracht wurde. Als gelbe Farbe wurde außer Goldbronze und Blattgold ebenfalls Eisenoxyd angewendet, dem durch Zusatz wechselnder Mengen von Tonerde, Kalk usw. verschiedene Abstufungen verliehen wurden. Durch Erhitzen stellte man daraus braune und durch Mischen mit Rot die orangefarbenen Tönungen her. Die blauen Farben bestanden aus Glasflüssen, in denen Kupfersalze aufgelöst waren. Die Feinheit des Korns läßt es als wahrscheinlich erscheinen, daß die noch heißen Glasflüsse in kaltes Wasser gegossen wurden, und daß die so erhaltene spröde, von unzähligen feinen Rissen durchzogene Masse hierauf gepulvert und geschlämmt wurde. Da diese Glasmasse wohl schwer an dem zu bemalenden Untergrunde gehaftet haben dürfte, so wurde bei ihrer Anwendung wahrscheinlich Gummi oder ein anderes Bindemittel zugesetzt. Als weiße Farbe diente Gips, der gleichzeitig auch nach Färbung mit einer organischen Substanz als blaßrote Farbe angewendet wurde. Aus welchem Material diese organische Substanz gewonnen wurde, läßt sich nur vermuten, doch ist anzunehmen, daß sie Krapp war, den die Ägypter aus der Krappwurzel darzustellen verstanden.

Interessant ist es, zu erfahren, daß sich die alten ägyptischen Baumeister der Beständigkeit und Unvergänglichkeit ihrer Farben wohl bewußt waren. So findet sich auf einem der Werke des Pyramidenerbauers Neh-Sermad (4000 v. Chr.) eine Inschrift, welche über die Herstellungsweise der von ihm angewandten Farben Aufschlüsse gibt und die Worte enthält: „Farbenschmuck für die Tempel muß so ewig wie die Götter selbst sein".

Reichhaltiger als bei den Ägyptern war die Palette der Maler bei den Griechen. Bereits 2000 v. Chr. hatte man im allgemeinen dieselben Farben wie bei den Ägyptern, hierzu aber auch noch mangan- und quecksilberhaltige Farben. Im 6. Jahrhundert v. Chr. taucht der Zinnober auf. Nach den Untersuchungen von Rhousopoulos ergibt sich schon 2000 v. Chr. eine reiche Mannigfaltigkeit allein in bezug auf das Blau. Eine Vase aus jener Zeit enthielt einen blauen Farbstoff, der aus Kupfer, Eisen, Kieselsäure und Kohlensäure zusammengesetzt war, also vielleicht ein Gemenge

Digitized by Google

von Kupfersilikat und Eisenspat darstellt. Ein anderer blauer Farbstoff aus derselben Zeit enthielt Kohlensäure, Kieselsäure, Kupfer, Eisen und Quecksilber. Ein dritter blauer Farbstoff aus der Zeit von 1600—1200 v. Chr. stellte sich als ein basisch kieselsaures Kupferoxyd dar, dem noch der vierte Teil seines Gewichtes Tonerde beigemengt war. Man verfügte also schon damals über drei ganz verschiedene Blau, die man durch Versetzen mit Tonerde noch abzustufen verstand. Hierzu kam etwa im 9. Jahrhundert als weiteres Blau noch ein basisches Kupferkarbonat, das unserem heutigen Bergblau bzw. unserer Kupferlasur entsprach. Eine ähnliche Reichhaltigkeit zeigt sich in bezug auf andere Farben. Man stellt im 5. Jahrhundert v. Chr. ein Schwarz aus Mangan- und Eisensalzen her, mischt ein Violett sowie ein Grün, letzteres aus Eisen-Kupfersalzen und Tonerde usw. usw.

Bei den Römern endlich erreichte die Mannigfaltigkeit der Farben ihren höchsten Grad. Man kennt fast für jede Farbe mehrere Vertreter.

Weiß gab es eine ganze Menge: Zunächst die Kreide von Selinus auf Sizilien, die ganz besonders geschätzt, fein geschlämmt und dann mit Milch angerührt wurde. Sie diente auch als Schminke. Dann benutzte man das „Melinun", eine weiße Tonerde von der Insel Melos, die jedoch für Wandmalerei nicht brauchbar war. Beliebt war auch die Erde von Eretria an der Südwestküste von Euböa, ihrer chemischen Zusammensetzung nach eine Kreide, die besonders als Deckweiß verwendet worden sein soll. Das „Prätonium", ein aus Ägypten stammender Kreidemergel, war ziemlich teuer und wurde deshalb außerordentlich häufig verfälscht. Hierzu gesellte sich dann noch das Bleiweiß, der einzige nicht natürlich vorkommende, sondern auf künstlichem Wege gewonnene weiße Farbstoff der Römer. Es ist bereits im 4. Jahrhundert v. Chr. bekannt, wo Theophrast in seiner Schrift περὶ λίθων seine Zubereitung angibt, die auch von Dioscorides, Plinius und Vitruv beschrieben wird. Aus diesen Beschreibungen geht hervor, daß das ψιμύθιον, „cerussa", in folgender Weise hergestellt wurde: Man legte Blei auf ein mit starkem Essig gefülltes Gefäß und umwickelte beide möglichst fest, so daß die Essigdämpfe das Blei angreifen mußten. Es entstand Bleiweiß, das man abkratzte, mahlte und siebte. Die Giftigkeit des Bleiweißes war schon im 2. Jahrhundert v. Chr. bekannt, wo sie Nikander in seinen Alexipharmaka (Vers 74—76) erwähnt.

Als gelbe Farbe dient in der Hauptsache der Ocker, der in allen Abstufungen zwischen gelb, braun und rot gegraben und verwendet wurde. Als bester gelber Ocker galt der in der Nähe von Athen gewonnene. Ehe man in Italien Ockergruben entdeckte, war der athenische Ocker so teuer, daß man ihn häufig verfälschte oder statt seiner billigere Ersatzstoffe verwendete. Diese wurden nach den Berichten des Vitruv von den alten Wandmalern und Anstreichern in der Weise hergestellt, daß sie getrocknete gelbe Blumen in Wasser auskochten. Die erhaltene gelbe Brühe rührten sie mit Kreide an. Es entstand so eine in der Tönung dem athenischen Ocker ähnliche, jedoch bedeutend weniger lichtbeständige Farbe, was ja auch nicht weiter wunderzunehmen braucht, da die organischen Farbstoffe den mineralischen in bezug auf Lichtbeständigkeit im allgemeinen nachstehen. Außer dem Ocker kam als gelbe Farbe noch das Auripigment, also Schwefelarsen von der chemischen Formel As_2S_3, zur Verwendung.

An roten Farben gab es eine große Auswahl und die mannigfachsten Schattierungen. Zunächst einmal bot die Natur roten Ocker dar. Unter den verschiedenen Sorten war besonders die wahrscheinlich von der Stadt Sinope aus in den Handel gebrachte „sinopische Erde" beliebt, ein Rötel aus den Gruben von Kappadozien. Nicht minder berühmt war der Rötel von den Inseln Lemnos und Keos, dessen Be-

Digitized by Google

zugsrecht sich die Stadt Athen durch einen Vertrag mit Keos sicherte. Außerdem ließ sie für den Transport besondere Schiffe bauen. Man wußte auch, daß gelber Ocker beim Erhitzen in roten übergeht, ein Oxydationsverfahren, das ja auch heute noch von den Fabriken mineralischer Farbstoffe angewendet wird. Es soll vom Maler Kydias um das Jahr 350 v. Chr. erfunden worden sein. Des weiteren dienten zerstoßene Ziegel als Malerfarbe, die ja auch beim Brennen ein lebhafteres Rot annehmen. Sie wurden jedoch später, als man bessere Farben hatte, nur noch zum Tünchen verwendet. Ebenso wie der Ocker, so ergaben auch die Schwefelarsenverbindungen mancherlei Abstufungen zwischen Gelb und Rot, besonders wenn man den roten Realgar mit dem gelben Auripigment mischte, die fast stets zusammen in der Natur vorkommen. Natürlich war die Gewinnung wie auch die Verwendung dieser Farben mit schweren gesundheitlichen Gefahren verknüpft. Nicht minder gesundheitsschädlich waren die Herstellung und der Gebrauch der Mennige, die man durch Erhitzen von Bleiweiß darstellte. Diese rote Farbe (Pb_3O_4) soll dadurch entdeckt worden sein, daß beim Brande einer Malerwerkstatt ein Gefäß mit Bleiweiß in die Flammen fiel, wodurch die weiße Farbe in eine rote überging. Zu diesen zahlreichen roten Farben gesellte sich dann noch der in den spanischen Gruben gewonnene Zinnober, den bereits Theophrast um 300 v. Chr. erwähnt (περὶ λίθων 59). Außer aus Spanien wurde er auch aus Kappadozien bezogen (Strabo III 144). Auch die Verwendung des Zinnobers (Schwefelquecksilber, HgS) war in gesundheitlicher Hinsicht sehr gefährlich. Wenn daher der Athener Kallias (um 748 v. Chr.) einen aus rotem, bei Ephesus vorkommendem Sande bereiteten „künstlichen Zinnober" erfand, so bedeutete dies in bezug auf Farbenpracht vielleicht einen Rück-, in hygienischer Hinsicht aber entschieden einen Fortschritt. Der künstliche Zinnober soll aus dem eben erwähnten in der Nähe von Ephesus vorkommenden Sand in der Weise bereitet worden sein, daß man ihn fein zerrieb, in Wasser aufschwemmte und dann wieder absetzen ließ. Der Absatz wurde getrocknet und als Farbe benutzt. Die Erfindung des künstlichen Zinnobers wird allerdings erst ziemlich spät erwähnt. Die erste Mitteilung über ihn findet sich in einer Handschrift des 9. Jahrhunderts n. Chr., die sich in der Bibliothek der Kathedrale von Lucca befindet.

Als blaue Farbe diente vor allem das „Ägyptischblau", das durch Erhitzen eines Gemenges von Kupfererz, Sand, Kalk und Soda bereitet wurde. A. P. Laurie hat neuerdings versucht, diese Farben aus ihren Bestandteilen wieder herzustellen, was ihm auch gelungen ist. Nach den von ihm vorgenommenen Untersuchungen war das Ägyptischblau ein kristallinischer Körper, der dem Lichte gegenüber Doppelbrechung aufweist. Fouqué erhielt es durch Glühen einer Mischung von 24,4 Kupferoxyd, 50,0 Quarz, 21,0 Kreide und 4,6 Soda. Quarz mußte nach seinen Versuchen in feinster Mahlung verwendet werden, da hiervon das Gelingen abhängig war, wie überhaupt sehr feines Mahlen aller Bestandteile sich als notwendig erwies. Die Glühtemperatur betrug 900—950 Grad.

Außer diesem künstlichen Blau stand noch ein natürlicher blauer Farbstoff zur Verfügung, den die Griechen „kyanos", die Römer hingegen „caeruleum" nannten. Er wurde in Ägypten und Zypern gefunden und dürfte wahrscheinlich der Lasurstein gewesen sein, aus dem man durch Pulvern und Schlämmen eine blaue Farbe erhielt, die unserem Waschblau, also dem Ultramarin, entsprochen haben dürfte. Der Preis des Kilogramms betrug bis zu 900 Mark. Verfälscht wurde er durch Verwendung weißer Kreide, die mit einer Abkochung von Waid gefärbt war. Außerdem wurde, wie wir schon bei den organischen Farbstoffen bemerkten, auch der Indigo als Malerfarbe verwendet.

Digitized by Google

Die hauptsächlichste grüne Farbe war der Malachit (chrysokolla), der an zahlreichen Fundstellen, vor allem in Mazedonien, Armenien, Zypern gewonnen wurde. Des weiteren verwendete man die aus Smyrna kommende Grünerde und endlich Grünspan. Seine Herstellung geschah dadurch, daß man Kupfer so lange in Weinhefe legte, bis sich ein grüner Überzug gebildet hatte, der dann abgekratzt wurde. Da sich auf diese Weise natürlich immer nur verhältnismäßig wenig Grünspan bilden kann, so war die Farbe ziemlich teuer, so daß man sie häufig verfälschte, was durch Zusatz von Marmorstaub oder Eisenvitriol geschah. Man kannte auch ein Verfahren, um die Fälschung herauszubringen, das im Glühen der verdächtigen Farbe bestand, wobei die stattfindende Verfärbung natürlich leicht erkennen ließ, ob eine reine Kupferverbindung vorlag. Ein in Kreta gefundenes Grün bestand aus Ägyptischblau gemischt mit Ocker. Die Römer benutzten grüne Erde.

Als schwarze Farbe endlich diente in der Hauptsache der Ruß. Er wurde, wie jetzt auch noch, in besonderen Betrieben hergestellt. Man verbrannte Pech, Harz, Kienspäne, Reisig, getrocknete Weintrester und sonstige Stoffe in Räumen, deren Wände möglichst glatt, vielfach auch aus poliertem Marmor hergestellt waren. Den sich hier absetzenden Ruß kratzte man ab. Außerdem war noch Beinschwarz im Gebrauch, das von dem gefeiertsten Maler Griechenlands, von Apelles (um 325 v. Chr.), erfunden worden sein soll, der zu seiner Herstellung Elfenbein verkohlte. Das Beinschwarz war außerordentlich teuer und wurde nur selten verwendet. Dagegen benutzte man zuweilen Holzteer sowie ein aus Indien bezogenes Schwarz, das wahrscheinlich mit unserer heutigen chinesischen Tusche identisch gewesen sein, also gleichfalls ein Rußprodukt dargestellt haben dürfte.

Goldfarbe wurde im Altertum gleichfalls verwendet, und zwar in Gestalt fein zerriebenen Blattgoldes, also in Form jener Art von Metallfarben, die wir heute mit dem Sammelnamen „Bronzefarben" zu bezeichnen pflegen, wobei sich der Begriff „Bronze" also nicht auf die chemische Zusammensetzung, sondern auf die physikalische Beschaffenheit des Materials bezieht. Theobald vermutet, daß man zunächst die Abfälle des Goldschlägergewerbes, also feine Goldschnitzel, zur Herstellung dieser Goldfarbe benutzte, indem man sie zu einem Pulver zerrieb und als Farbe anmachte. Aus Funden in Mykenae schließt Hostmann auf ein hohes Alter der Goldbronze. In Ägypten scheint sie jedoch erst ziemlich spät zur Verwendung gekommen zu sein. Um das Bronzepulver und die Goldbronze auf der Unterlage haften zu machen, verwendete man Bindemittel, in erster Linie wohl klebrige oder harzige Pflanzensäfte sowie auch Quecksilber. Von diesem letzteren konnten aber wohl nur ganz geringe Spuren in Betracht kommen, da bereits ein etwas größerer Quecksilbergehalt des Amalgams ein Umschlagen der Farbe in Weiß bewirkte. Das Quecksilber verdunstete allmählich aus der Legierung, die Goldbronze blieb durch Adhäsion oder vielleicht durch eine zurückgebliebene schwache, sich nicht mehr zersetzende Spur des Amalgams gebunden auf der Unterlage haften.

Es sei noch erwähnt, daß bei den alten Schriftstellern bestimmte und kennzeichnende Ausdrücke für die einzelnen Farben nicht immer zu finden sind. Man sprach von den Farben, in deren Schönheit man schwelgte, vielfach in blumenreichen Ausdrücken, also vom „Grün der Myrte", von der „Farbe der Eichel", von „Himmelblau" usw. usw. Es läßt sich also oft schwer feststellen, welche Farbe in dem einen oder anderen Falle gemeint ist.

Literatur zum Abschnitt „Farbstoffe" siehe hinter dem nächsten Abschnitt: „Die Maltechnik".

Digitized by Google

Die Maltechnik.

Die Malerei bei den Ägyptern und Babyloniern.

Die antike Maltechnik hat zuerst wohl bei den Ägyptern und dann bei den Babyloniern den höchsten Grad ihrer Ausbildung erreicht. Allerdings ist die vielgerühmte Beständigkeit dieser Malereien ebenso wie die der Färbung von Gewändern weniger der vollkommenen Technik als vielmehr anderen begünstigenden Umständen zuzuschreiben, vor allem der trockenen Luft, die im Gegensatze zu der unserer Städte keinerlei schädliche Gase, insbesondere keine schweflige Säure enthält. Auch die vielfach vollkommene Abgeschlossenheit von der Luft, wie z. B. in den Königsgräbern, hat erhaltend auf die antiken Malereien gewirkt. Ihre Beständigkeit ist, wie Heaton, Immerheißer, Lessing usw. usw. mit Recht betonten, nur ein Verhältnisbegriff.

Die Herstellung der ägyptischen Wandmalereien geschah in der Weise, daß man die Oberfläche der rohen Steinwand zunächst durch eine Schicht von Schlamm oder Lehm glättete. Auf diesen Untergrund kam dann eine zweite Schicht von Stroh und Asphalt. Darauf kam der eigentliche Malgrund, der aber nur in sehr dünner Schicht von etwa einem Millimeter aufgetragen wurde. Er bestand aus Kreide, zuweilen Bolus; später in der Ptolemäerzeit (im 6. Jahrhundert v. Chr.) trat noch die Vergoldung hinzu, insbesondere an Umhüllungen der Mumien. Auf diesem Grunde hafteten die mit Gummi oder Leim angemachten Wasser- oder Temperafarben. Die eigentliche Natur des Malmittels festzustellen, gelang bisher noch nicht. Man weiß nur, daß es sich um Wasserfarben handelt. Macht man diese Malereien naß, so können sie samt dem Untergrund weggewischt werden. Die Pinsel wurden aus Rohrstäbchen hergestellt, deren eines Ende man durch Zerklopfen oder vielleicht auch durch Zerkauen in viele feine Teilchen aufspaltete. Später kamen jedoch auch Haarpinsel zur Verwendung. Die Paletten (Abb. 251 S. 200) waren aus Holz und mit Vertiefungen zur Aufnahme der Farben versehen.

Außer dieser Art der Wandmalerei war bei den Ägyptern noch eine andere gebräuchlich, ja sogar die häufigere. Man schnitt oder meißelte die Bilder und Inschriften in den Stein ein und füllte die vertieften Umrisse der Zeichnungen mit einer Farbpaste aus. Die beiden eben erwähnten Arten der Dekorationsmalerei bleiben bis zur ptolemäischen Zeit die vorherrschenden. Sie haben sich fast 3000 Jahre hindurch unverändert erhalten.

Die Malerei bei den Griechen und Römern.

In den Mittelmeerländern bildete sich inzwischen, und zwar hauptsächlich in Griechenland, eine neue Art der Maltechnik aus, deren Anfänge bis auf die Zeit des Königs Minos zurückgehen, finden sich doch Freskogemälde im Palaste von Knossos. Wenn die Freskotechnik in Kreta ihre Heimat zu haben scheint, während sie

Die Bindemittel.

Die Zahl der Bindemittel, d. h. jener Stoffe, mittelst deren die Farben angerührt und dadurch zum Haften auf dem Untergrund gebracht wurden, war zwar verhältnismäßig groß, wenn man die Arten dieser Bindemittel betrachtet. Geht man aber auf ihre chemische Beschaffenheit näher ein, so handelt es sich in der Hauptsache um Körper aus der Klasse der Kohlehydrate oder der Eiweißstoffe oder aus einem Gemenge beider. Jedenfalls kamen keine Körper aus der Klasse der Öle und Fette zur Verwendung, so daß es sich hier um eine Temperamalerei im ursprünglichsten Sinn, d. h. um eine vollkommen „fettfreie" Malerei handelt. Im einzelnen führt Fischer als Bindemittel die folgenden auf:

„1. Gummiarabikum und Tragant;
2. tierischen Leim, besonders geschätzt war der aus Rhodus;
3. Blut des Hippopotamus;
4. Ei und Eiweiß;
5. Milch zum Anstrich des Tektoriums (Wandfläche) (siehe S. 201) mit selinusischer Erde. Mit Milch und Safran wurde das Tektorium im Tempel der Minerva zu Elis angestrichen.

Später verwendete man auch den Milchsaft der Feigen. Derselbe wurde mit Eidotter gemischt, den Farben zugesetzt."

Die Enkaustik.

Außer den Wasserfarben bzw. der unter Verwendung von Ei, Gummi oder Leim durchgeführten Temperamalerei kannten die Alten aber noch eine besondere Art der Maltechnik, die „enkaustische Malerei", über die Plinius schreibt (XXXV 149):

„Wer zuerst auf den Gedanken gekommen ist, mit Wachsfarben zu malen und das Gemälde einzubrennen, ist nicht bekannt", und dann: „Enkaustisch zu malen hat es in alter Zeit (nur) zwei Arten gegeben, mit Wachs und auf Elfenbein, mit dem Cestrum, d. h. einem spießähnlichen Werkzeuge (vericulum), bis man anfing, die Kriegsschiffe zu bemalen. Dadurch kam als dritte Art hinzu, die Wachsfarben durch Feuer flüssig zu machen und den Pinsel zu gebrauchen: eine Malerei, die an Schiffen weder durch die Sonne noch durch das Salzwasser oder durch die Winde beschädigt wird."

Diese Stelle ist schon seit dem 16. Jahrhundert die Quelle lebhafter Erörterungen über die Technik der enkaustischen Malerei gewesen. Die hauptsächlich auf philologischen Grundlagen beruhenden Erklärungen begannen im Jahre 1585 durch Louis de Montjosieu und haben heute noch kein Ende gefunden. Wichtig ist eine von Mayhoff vorgenommene Textvergleichung, die die bedeutsame Tatsache ergab, daß die drei von Plinius erwähnten Arten („qui encausto cauterio vel cestro vel penicillo pinxerit) der Enkaustikmalerei die folgenden sind:

1. Die Cauterium-Enkaustik, d. h. Auftragen und Verarbeiten der Farben mit einem heißen Instrument.
2. Cestrum-Enkaustik; Arbeiten mit spitzem Griffel nur auf Elfenbein (Miniaturen).
3. Pinsel-Enkaustik; Auftragen der heißflüssigen Farben mit einem Pinsel.

Als erschwerend kam hinzu, daß man niemals enkaustische Malereien entdeckte, so daß man schon glaubte, die Enkaustikmalerei habe in Wirklichkeit nicht existiert. Auch hervorragenden Chemikern wie Chaptal (1809) und Davy (1815) gelang es nicht,

len. Die aus den Öffnungen entströmende Hitze erweicht die daraufgestellten Wachsfarben. Die beiden langstieligen Löffelchen mit den verdickten Enden, die abwechslungsweise erwärmt werden konnten, hatten den Zweck, das auf die Malfläche aufgetragene Wachs zu ebnen, zu verteilen und ineinander zu verarbeiten. Nach den Versuchen, die Maler Ernst Berger mit für das Deutsche Museum in München nachgebildeten gleichartigen Instrumenten anstellte, ließ sich tatsächlich ein enkaustisches Gemälde in antiker Manier herstellen. Nach den Forschungen von Berger diente zur ersten Anlage wohl das löffelartige Ende des Instrumentes — in dem wir das Cauterium wiedererkennen dürfen —, indem die heißflüssige Wachsfarbe damit aufgefaßt und sofort auf der Fläche ausgebreitet wurde (erste Art des Plinius); die Vollendung geschah mit dem anderen, erwärmten Ende des Cauteriums. Oder man begann nach der dritten Art des Plinius mit dem Pinsel und heißflüssiger Farbe und vollendete mit dem Cauterium. Auch die enkaustischen altägyptischen Gemälde lassen zwei Arten der Ausführung unterscheiden: Bei der einen kam ausschließlich ein vom Pinsel verschiedenes Instrument zur Anwendung, dessen Spuren deutlich sichtbar sind, während beim anderen dieses Instrument nur zur Ausführung der Gesichtspartien diente; der Hintergrund aber sowie Gewand, Schmuckstücke usw. sind mit dem Pinsel, und zwar zumeist ganz flüchtig mit erweichten Wachsfarben gemacht.

Aus der Enkaustik ist dann später die Ölmalerei hervorgegangen. Man mischte Harze zur Wachsmasse und später wohl auch, um sie länger flüssig zu erhalten, Öle. So entstand zunächst eine Ölharztechnik und daraus schließlich eine reine Öltechnik, die der griechische Arzt Antius im 6. Jahrhundert n. Chr. zum erstenmal erwähnt, der schreibt, „daß das trocknende Nußöl den Enkaustikern wegen seiner Trockenkraft diene".

Literatur zu den Abschnitten: „Die Farbstoffe" und „Die Maltechnik".

Berger, Die Technik der römisch-pompejanischen Wandmalerei nach dem heutigen Stand der Frage. Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1906, S. 249.

— Über Maltechnik im Altertum. Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt 1909, S. 191.

— Beiträge zur Entwicklung der Maltechnik. München 1904—1909.

— Raehlmanns neueste mikrochemische Analyse und die Technik der römisch-pompejanischen Wandmalerei. Münchner kunsttechnische Blätter. 7. Jahrg. Nr. 10 ff.

Berthelot, Archéologie et Histoire des Sciences. Paris 1906.

— Die Chemie im Altertum und Mittelalter. Leipzig und Wien 1909.

Blümner, Die Maltechnik des Altertums. Neues Jahrbuch für das klassische Altertum 1905, S. 202.

— Technologie und Terminologie der Gewebe und Künste bei Griechen und Römern. 1. Band. Leipzig und Berlin 1912 und Band 4, Leipzig 1887.

Bod, Über Ägyptischblau. Zeitschr. für angewandte Chemie 1916, I, S. 228.

Büchsenschütz, Die Hauptstätten des Gewerbefleißes im klassischen Altertum. Leipzig 1869.

Dedekind, Ein Beitrag zur Purpurkunde. Berlin 1906.

Dépierre, Die Waschmaschinen. Wien 1884.

Diels, Antike Chemie. In: Diels, Antike Technik. Leipzig und Berlin 1920.

Donner, Über Technisches in der Malerei der Alten, insbesondere in deren Enkaustik. (Keims Praktische und chemisch-technische Mitteilungen für Malerei 1885.)

Duisberg, Die Wissenschaft und Technik in der chemischen Industrie. Zeitschr. für angewandte Chemie 1912, S. 3.

Ehrenfeld, Farbenbezeichnungen in der Naturgeschichte des Plinius. Sonderabdruck aus den Jahresberichten des k. k. deutschen Staatsgymnasiums in Prag 1907/1908 u. 1909. Prag 1909.

Saymonville, Die Purpurfärberei der verschiedenen Kulturvölker des klassischen Altertums und der frühchristlichen Zeit. Heidelberg 1900.

Digitized by Google

Herber, Herstellung von Enkaustikfarben D. R. P. 288 006 vom 31. Mai 1914.
Fischer, L. H., Die Technik der Ölmalerei. Wien 1898.
Fouqué, Bleu égyptien. Séance de l'Académie des Sciences du 18 févr. 1889. (Comptes rendus de l'Ac. d. Sc. 1889.)
Friedländer, L., Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888 bis 1890.
Friedländer, P., Über antiken Purpur. Zeitschr. f. angew. Chemie 1909, S. 2321.
— Zur Kenntnis des Farbstoffes des antiken Purpurs aus murex brandaris. Österreichische Chemiker-Zeitung 1909, S. 86.
Hackert, Enkaustik: bei Goethe: Philipp Hackert (in Goethes Werken).
Heaton, Malerei in alten Zeiten. Paint and Varnish Society, London, Sitzung vom 6. April 1911.
Hostmann, Studien zur vorgeschichtlichen Archäologie. Braunschweig 1890.
Hübner, Die Untersuchung einiger alter ägyptischer Gewebe. Zeitschr. für angewandte Chemie 1909, S. 2107.
Keim, Zur Frage der römisch-pompejanischen Wandmalerei. Technische Mitt. für Malerei 1905, Nr. 10.
Kobert, Chronische Bleivergiftung im klassischen Altertum. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.
Lagercrantz, Papyrus graecus Holmiensis. Rezepte für Silber, Steine, Purpur. Leipzig 1913.
Laurie, Über von den früheren Malern angewandte Farben und einige Methoden zu ihrer Erkennung. Chemiker-Zeitung 1911, S. 488 und ebenda 1913, S. 364.
Lewin-Dorsch, Die Technik der Urzeit. Stuttgart 1912.
v. Lippmann, Chemische Papyri des 3. Jahrhunderts. Chemiker-Zeitung 1913, S. 933.
— Chemisches aus dem Papyrus Ebers. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1913.
— Chemisches und Alchemisches aus Aristoteles. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1913.
— Die chemischen Kenntnisse des Dioscorides. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.
v. Lippmann, Die chemischen Kenntnisse des Plinius. Abhandlungen u. Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. Leipzig 1906.
Marquart-Mau, Das Privatleben der Römer. Leipzig 1886.
Mau-Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken. Leipzig 1884.
Medicus, Kurzes Lehrbuch der chemischen Technologie. Tübingen 1897.
Meyer, Geschichte der Chemie von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Leipzig 1914.
Neuburger, Die Farben der alten Ägypter. Prometheus 1892.
Pinner, Chemisches aus der Bibel. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.
Raehlmann, Römische Malerfarben. Mitteilungen des Kaiserl. Deutschen Archäologischen Instituts, Römische Abteilung, Bd. XXIX, 1914.
— Mikroskopische Untersuchungen über die in den verschiedenen Kunstperioden der Malerei verwendeten Farbstoffe. Münchner kunsttechnische Blätter, 10. Jahrg. Nr. 1ff.
— Über die Farbstoffe der Malerei in den verschiedenen Kunstperioden nach mikroskopischen Untersuchungen. Leipzig 1914.
— Über die Maltechnik der Alten. Berlin 1910.
Rhousopoulos, Beitrag über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. In: Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.
Rose, Die Mineralfarben und die durch Mineralstoffe erzeugten Färbungen. Leipzig 1916.
— Noch ein kleiner Beitrag zum Thema über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. Archiv für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik 1909, S. 287.
Schmidt, W. A., Die Purpurfärberei und der Purpurhandel im Altertum. In: Forschungen auf dem Gebiete des Altertums. Berlin 1892, S. 96.
Strunz, Die Chemie im klassischen Altertum. Sonderausgabe aus der Zeitschrift Die Kultur 1905, S. 474.
Theobald, Die Herstellung der Bronzefarbe in Vergangenheit und Gegenwart. Dinglers Polytechnisches Journal 1913, Heft 11, S. 163 ff.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.
Witt und Lehmann, Chemische Technologie der Gespinstfasern. Braunschweig 1910.
Wolff, Die Farbe im Altertum. Farbe und Lack 1913, S. 6.

Digitized by Google

Technische Mechanik und Maschinen.

Viele der technischen Leistungen des Altertums erregen durch ihre Größe, durch das Gigantische der ihnen zugrunde liegenden Ideen und die Art ihrer Ausführung unsere höchste Bewunderung. Diese Bewunderung muß aber noch steigen, wenn wir uns bewußt werden, daß alle diese Leistungen nur mit verhältnismäßig einfachen Maschinen, mit Vorrichtungen vollbracht werden, die sich durchweg aus der Ausnützung einiger weniger und leicht zu erkennender Naturgesetze ergeben. Die „Leistung" ist das Produkt aus Zeit und Kraft. Sie wird uns angesichts der Einfachheit der im Altertume benützten Maschinen verständlicher, wenn wir bedenken, daß man damals an beiden Überfluß hatte. Die Zeit besaß keinen oder nur geringen Wert; man konnte also, um eine bestimmte Leistung zu vollbringen, ein beträchtliches Maß davon aufwenden. An Kräften war aber gleichfalls kein Mangel: Die Sklaverei lieferte Menschenmaterial in Hülle und Fülle, das aufs höchste ausgenutzt werden konnte. Angesichts dieses Überschusses an Kraft und Zeit konnten die Maschinen einen einfachen Bau aufweisen.

Die einfachen Maschinen.

Aristoteles (384—322 v. Chr.) gibt uns in seinen „Mechanischen Problemen" eine Aufzählung der von den Alten gebrauchten Hilfsmittel. Er nennt als solche den Hebel mit Gegengewicht am Ziehbrunnen, die gleicharmige Wage, die Schnellwage, die Zange, den Keil, die Axt, die Kurbel, die Walze, das Wagenrad, die Rolle, den Flaschenzug, die Töpferscheibe, die Schleuder, das Ruder sowie auch die Drehräder von Erz oder Eisen mit verschiedener Drehrichtung, worunter wahrscheinlich Zahnräder zu verstehen sind. (Siehe S. 219.) Betrachten wir uns diese Aufzählung sowie die Definition, die Vitruv (1. Jahrhundert v. Chr.) von der „Maschine" gibt: „Eine Maschine ist eine zusammenhängende Verbindung von Holz, die zur Hebung von Lasten die größten Vorteile gewährt; sie wird auf künstliche Weise in Tätigkeit versetzt, nämlich durch Kreisumdrehung", so erkennen wir sofort, daß es sich bei den Alten hauptsächlich um die Ausnützung jener einfachen Vorrichtungen handelt, die die Mechanik unter dem Begriffe der „einfachen Maschinen" zusammenzufassen pflegt. Sie haben ihren Namen daher, daß sie keine Zergliederung in noch einfachere Maschinen zulassen, und man versteht darunter den Hebel, die schiefe Ebene, den Keil, die Rolle und das Zahnrad. Durch ihre Vereinigung entsteht die zusammengesetzte Maschine. Sehen wir nun zu, in welcher Weise das Altertum aus den „einfachen Maschinen" und aus ihrer Vereinigung Nutzen zog!

Nach vielfacher Annahme, der sich auch Wichelhaus anschließt, hätten die Ägypter nur Hebel, Keil und Flaschenzug gekannt. Diese Ansicht findet darin eine Stütze, daß es zweifelhaft ist, ob beim Bau der Pyramiden, wie von mancher Seite

Digitized by Google

angenommen wird, die ſchiefe Ebene zur Anwendung kam. Wenn wir daher vom Zahnrad, auf das noch ſpäter zurückzukommen ſein wird, abſehen und uns die techniſchen Leiſtungen der alten Völker ſowie ihr Zuſtandekommen eingehender betrachten, ſo finden wir als Grundlagen der antiken maſchinellen Technik den Hebel, die ſchiefe Ebene, den Keil und die Rolle.

Der Hebel und ſeine Anwendung.

Von ihnen bot ſich der Hebel ganz von ſelbſt dar, er iſt ſicherlich von allen Völkern ſchon während ihrer vorgeſchichtlichen Zeit benutzt worden. Die Angabe des Plinius (VII 195), daß er von Kinyras von Zypern erfunden worden ſei, kann daher höchſtens als ein Beitrag zur Sagengeſchichte, nicht aber zu der der Technik gewertet werden. Mit der Theorie des Hebels haben ſich von den großen Geiſtern des Altertums vor allem Ariſtoteles und Archimedes (287—212 v. Chr.) beſchäftigt, von denen der erſtere die Hebelwirkung auf den Kreisbogen zurückführt, während Archimedes auf rechneriſchem Wege das Hebelgeſetz entdeckt, das ausſagt, daß das Produkt aus Kraft mal Hebelarm auf beiden Seiten vom Drehpunkte denſelben Wert haben muß, damit Gleichgewicht beſtehe. Um alſo mit der Kraft des Armes ein 1000mal ſtärkeres Gewicht zu heben, genügt es, den Hebelarm, an dem man drückt, 1000mal länger als den anderen zu machen. „Gib mir einen Standpunkt außerhalb der Erde, und ich will ſie bewegen", lautete des Archimedes ſtolzer Ausſpruch. Ob die von ihm geſchaffene Erkenntnis die mechaniſche Entwicklung der Folgezeit beeinflußt hat, mag dahingeſtellt bleiben. Jedenfalls verſtand man es ſchon lange zuvor, den Hebel teils für ſich, teils in Verbindung mit anderen Einrichtungen auszunutzen. Er tritt uns bereits bei den alten Ägyptern in Form zahlreicher Werkzeuge entgegen, und Vergleiche mit den Leiſtungen anderer Völker laſſen uns erkennen, daß auch dieſe von ihm entſprechenden Gebrauch zu machen verſtanden. So finden wir mannigfache Vorrichtungen zum Heben des Waſſers, die auf der Verwendung des Hebels beruhen, wie den Schaduff bei den Ägyptern, Babyloniern und Aſſyrern und die Picota bei den Indern. Der Schaduff wurde, wie uns z. B. die aus dem 7. Jahrh. v. Chr. ſtammenden Reliefs am Palaſt zu Ninive und andere Darſtellungen erkennen laſſen, im Altertum bereits ebenſo gehandhabt wie auch heute noch im Nildelta: Ein zweiarmiger, an ſeinem hinteren, kürzeren Arme beſchwerter Hebel trägt am vorderen längeren Arm das Schöpfgefäß (Abb. 256). Die Arbeiter wirken am längeren Hebelarm. Im Gegenſatz dazu beſchreibt Philon von Byzanz (um 230 v. Chr.) eine dem Schaduff ähnliche Einrichtung zum Schöpfen des Waſſers, bei der am hinteren, gleichfalls kürzeren Hebelarm eine Tretvorrichtung angelenkt iſt. Dadurch, daß der Arbeiter auf ſie (ein einfaches Brett) hinauftritt, hebt ſich der Eimer (Abb. 259). In gleicher Weiſe arbeitet die alte „Picota" oder „Kupila" der Inder, bei der der kürzere Hebelarm eine kurze Treppe trägt, auf der die Arbeiter bald nieder-, bald emporſteigen, wodurch der

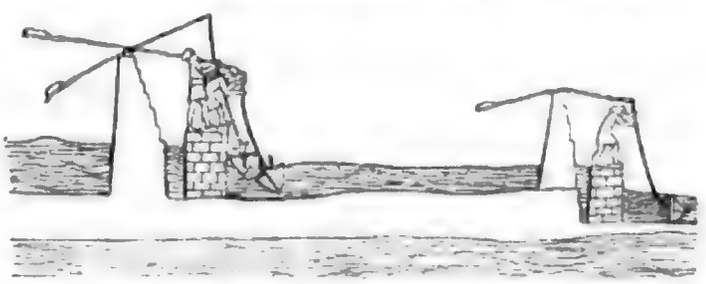


Abb. 256. Schaduff in Babylon. Anwendung des zweiarmigen Hebels zum Waſſerſchöpfen. (Die Stundenleiſtung des Schadufs beläuft ſich, wenn drei Leute daran arbeiten, auf 6 cbm Waſſer.) Nach einem Relief aus dem 7. Jahrh. v. Chr. am Palaſt zu Ninive.

Fig. 1.—Fig. 2.

Fig. 1 shows the machine in front elevation, and Fig. 2 in side elevation. The frame is made of cast iron, and is supported on a pair of wheels, *a*, and a pair of castors, *b*. The wheels are driven by a pair of bevel gearwheels, *c*, and a pinion, *d*, on the shaft, *e*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *f*, and a pinion, *g*, on the shaft, *h*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *i*, and a pinion, *j*, on the shaft, *k*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *l*, and a pinion, *m*, on the shaft, *n*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *o*, and a pinion, *p*, on the shaft, *q*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *r*, and a pinion, *s*, on the shaft, *t*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *u*, and a pinion, *v*, on the shaft, *w*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *x*, and a pinion, *y*, on the shaft, *z*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *aa*, and a pinion, *bb*, on the shaft, *cc*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *dd*, and a pinion, *ee*, on the shaft, *ff*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *gg*, and a pinion, *hh*, on the shaft, *ii*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *jj*, and a pinion, *kk*, on the shaft, *ll*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *mm*, and a pinion, *nn*, on the shaft, *oo*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *pp*, and a pinion, *qq*, on the shaft, *rr*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *ss*, and a pinion, *tt*, on the shaft, *uu*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *vv*, and a pinion, *ww*, on the shaft, *xx*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *yy*, and a pinion, *zz*, on the shaft, *aaa*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *bbb*, and a pinion, *ccc*, on the shaft, *ddd*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *eee*, and a pinion, *fff*, on the shaft, *ggg*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *hhh*, and a pinion, *iii*, on the shaft, *jjj*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *kkk*, and a pinion, *lll*, on the shaft, *mmm*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *nnn*, and a pinion, *ooo*, on the shaft, *ppp*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *qqq*, and a pinion, *rrr*, on the shaft, *sss*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *ttt*, and a pinion, *uuu*, on the shaft, *vvv*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *www*, and a pinion, *xxx*, on the shaft, *yyy*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *zzz*, and a pinion, *aaaa*, on the shaft, *bbbb*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *cccc*, and a pinion, *dddd*, on the shaft, *eeee*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *ffff*, and a pinion, *gggg*, on the shaft, *hhhh*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *iiii*, and a pinion, *jjjj*, on the shaft, *kkkk*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *llll*, and a pinion, *mmmm*, on the shaft, *nnnn*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *oooo*, and a pinion, *pppp*, on the shaft, *qqqq*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *rrrr*, and a pinion, *ssss*, on the shaft, *tttt*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *uuuu*, and a pinion, *vvvv*, on the shaft, *wwww*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *xxxx*, and a pinion, *yyyy*, on the shaft, *zzzz*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *aaaaa*, and a pinion, *bbbbb*, on the shaft, *ccccc*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *ddddd*, and a pinion, *eeeee*, on the shaft, *fffff*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *ggggg*, and a pinion, *hhhhh*, on the shaft, *iiiii*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *jjjjj*, and a pinion, *kkkkk*, on the shaft, *lllll*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *mmmmm*, and a pinion, *nnnnn*, on the shaft, *ooooo*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *ppppp*, and a pinion, *qqqqq*, on the shaft, *rrrrr*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *sssss*, and a pinion, *ttttt*, on the shaft, *uuuuu*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *vvvvv*, and a pinion, *wwwww*, on the shaft, *xxxxx*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *yyyyy*, and a pinion, *zzzzz*, on the shaft, *aaaaaa*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *bbbbbb*, and a pinion, *cccccc*, on the shaft, *dddddd*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *eeeeee*, and a pinion, *ffffff*, on the shaft, *gggggg*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *hhhhhh*, and a pinion, *iiiiii*, on the shaft, *jjjjjj*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *kkkkkk*, and a pinion, *llllll*, on the shaft, *mmmmmm*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *nnnnnn*, and a pinion, *oooooo*, on the shaft, *pppppp*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *qqqqqq*, and a pinion, *rrrrrr*, on the shaft, *ssssss*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *tttttt*, and a pinion, *uuuuuu*, on the shaft, *vvvvvv*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *wwwwww*, and a pinion, *xxxxxx*, on the shaft, *yyyyyy*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *zzzzzz*, and a pinion, *aaaaaaa*, on the shaft, *bbbbbbb*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *ccccccc*, and a pinion, *ddddddd*, on the shaft, *eeeeeee*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *fffffff*, and a pinion, *ggggggg*, on the shaft, *hhhhhhh*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *iiiiiii*, and a pinion, *jjjjjjj*, on the shaft, *kkkkkkk*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *lllllll*, and a pinion, *mmmmmmm*, on the shaft, *nnnnnnn*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *ooooooo*, and a pinion, *ppppppp*, on the shaft, *qqqqqqq*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *rrrrrrr*, and a pinion, *sssssss*, on the shaft, *ttttttt*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *uuuuuuu*, and a pinion, *vvvvvvv*, on the shaft, *wwwwwww*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *xxxxxxx*, and a pinion, *yyyyyyy*, on the shaft, *zzzzzzz*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *aaaaaaaa*, and a pinion, *bbbbbbbb*, on the shaft, *ccccccc*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *ddddddd*, and a pinion, *eeeeeeee*, on the shaft, *fffffff*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *ggggggg*, and a pinion, *hhhhhhhh*, on the shaft, *iiiiiii*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *jjjjjjj*, and a pinion, *kkkkkkkk*, on the shaft, *lllllll*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *mmmmmmm*, and a pinion, *nnnnnnnn*, on the shaft, *ooooooo*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *ppppppp*, and a pinion, *qqqqqqqq*, on the shaft, *rrrrrrr*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *sssssss*, and a pinion, *tttttttt*, on the shaft, *uuuuuuu*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *vvvvvvv*, and a pinion, *wwwwwwww*, on the shaft, *xxxxxxx*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *yyyyyyy*, and a pinion, *zzzzzzzz*, on the shaft, *aaaaaaaaa*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *bbbbbbbb*, and a pinion, *ccccccccc*, on the shaft, *ddddddd*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *eeeeeeee*, and a pinion, *fffffffff*, on the shaft, *ggggggg*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *hhhhhhhh*, and a pinion, *iiiiiiiii*, on the shaft, *jjjjjjj*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *kkkkkkkk*, and a pinion, *lllllllll*, on the shaft, *mmmmmmm*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *nnnnnnnn*, and a pinion, *ooooooooo*, on the shaft, *ppppppp*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *qqqqqqqq*, and a pinion, *rrrrrrrrr*, on the shaft, *sssssss*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *tttttttt*, and a pinion, *uuuuuuuuu*, on the shaft, *vvvvvvv*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *wwwwwwww*, and a pinion, *xxxxxxxxx*, on the shaft, *yyyyyyy*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *zzzzzzzz*, and a pinion, *aaaaaaaaaa*, on the shaft, *bbbbbbb*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *ccccccccc*, and a pinion, *dddddddddd*, on the shaft, *eeeeeee*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *ffffffff*, and a pinion, *gggggggggg*, on the shaft, *hhhhhhh*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *iiiiiiiii*, and a pinion, *jjjjjjjjjj*, on the shaft, *kkkkkkk*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *llllllll*, and a pinion, *mmmmmmmmmm*, on the shaft, *nnnnnnn*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *ooooooooo*, and a pinion, *pppppppppp*, on the shaft, *qqqqqqq*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *rrrrrrrr*, and a pinion, *ssssssssss*, on the shaft, *ttttttt*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *uuuuuuuuu*, and a pinion, *vvvvvvvvvv*, on the shaft, *wwwwwww*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *xxxxxxxx*, and a pinion, *yyyyyyyyyy*, on the shaft, *zzzzzzz*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *aaaaaaaaa*, and a pinion, *bbbbbbbbbb*, on the shaft, *ccccccc*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *dddddddd*, and a pinion, *eeeeeeeeee*, on the shaft, *fffffff*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *ggggggggg*, and a pinion, *hhhhhhhhhh*, on the shaft, *iiiiiii*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *jjjjjjjj*, and a pinion, *kkkkkkkkkk*, on the shaft, *lllllll*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *mmmmmmmmm*, and a pinion, *nnnnnnnnnn*, on the shaft, *ooooooo*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *pppppppp*, and a pinion, *qqqqqqqqqq*, on the shaft, *rrrrrrr*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *sssssssss*, and a pinion, *tttttttttt*, on the shaft, *uuuuuuu*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *vvvvvvvv*, and a pinion, *wwwwwwwwww*, on the shaft, *xxxxxxx*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *yyyyyyyyy*, and a pinion, *zzzzzzzzzz*, on the shaft, *aaaaaaaaaa*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *bbbbbbbb*, and a pinion, *cccccccccc*, on the shaft, *ddddddd*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *eeeeeeeee*, and a pinion, *ffffffffff*, on the shaft, *ggggggg*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *hhhhhhhh*, and a pinion, *iiiiiiiiii*, on the shaft, *jjjjjjj*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *kkkkkkkkk*, and a pinion, *llllllllll*, on the shaft, *mmmmmmm*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *nnnnnnnn*, and a pinion, *oooooooooo*, on the shaft, *ppppppp*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *qqqqqqqqq*, and a pinion, *rrrrrrrrrr*, on the shaft, *sssssss*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *tttttttt*, and a pinion, *uuuuuuuuuu*, on the shaft, *vvvvvvv*, which is driven by a pair of bevel gearwheels, *wwwwwwwww*, and a pinion, *xxxxxxxxxx*, on the shaft, *yyyyyyy*, which is driven by a pair of spur gearwheels, *zzzzzzzz*, and a pinion, *aa

Wichtiger als diese und noch viele andere Automaten des in derartigen Erfindungen äußerst geschickten Heron waren die mannigfachen technischen Anwendungsformen, die man insbesondere in römischer Zeit vom Hebel machte. Unter diesen ist das Drehrad zu erwähnen, das am Schleifstein[1]) und wohl auch an der Drehbank zur Anwendung kam. Ferner die zahlreichen und oft sehr komplizierten Hebelvorrichtungen, die man in den Theatern anwendete, um Versenkungen

Abb. 263. Gleicharmige Hebelwage. Griechische Darstellung auf der „Artesilasschale".

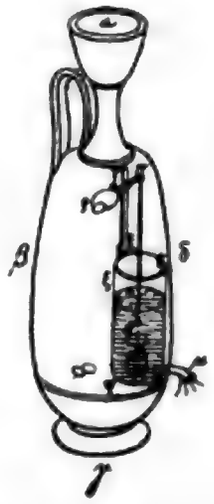


Abb. 264. Der Weihwasserautomat des Heron von Alexandria.

auf- und niedersteigen zu lassen usw. usw., und von denen uns noch einzelne Balken sowie Aussparungen im Mauerwerke der römischen Theater Kunde geben. Endlich beruhen sehr wichtige Kriegsmaschinen auf der Anwendung des Hebels, die nach der Angabe des Diodor (1. Jahrhundert v. Chr.) von Perikles (493—429 v. Chr.) erfunden worden sein sollen, der sie von einem Mechaniker Artemon ausführen ließ, um sie bei der Belagerung von Samos (439 v. Chr.) zu verwenden. Wir werden auf diese Maschinen weiter unten noch ausführlicher eingehen.

Die schiefe Ebene.

Die schiefe Ebene war auch schon im Altertum ein willkommenes Mittel, um Lasten in die Höhe zu schaffen. Ob sie freilich, wie vielfach vermutet wird, beim Bau der Pyramiden (um 2800 v. Chr.) eine Rolle gespielt hat, ist zweifelhaft. Nach Herodot (II 125) vollzog sich der Pyramidenbau unter Verwendung von Hebezeugen, deren nähere Natur er nicht beschreibt, in folgender Weise:

„Und dieselbe Pyramide ist gebaut worden wie eine Treppe mit lauter Stufen oder Tritten oder Absätzen. Und nachdem sie den ersten Absatz gemacht, hoben sie die übrigen Steine hinauf auf einem Gerüst von kurzen Stangen. Von der Erde also hoben sie auf der Stufen ersten Absatz, und wenn der Stein oben war, legten sie ihn auf ein anderes Gerüst, das da stand auf dem ersten Absatz, und von diesem wurde er

[1]) Siehe Seite 54 Abb. 65.

Digitized by Google

gewunden auf den zweiten Absatz, auf einem anderen Gerüst, denn soviele Absätze von Stufen waren, so viele Gerüste waren auch. Oder auch, sie hatten nur ein Gerüst, und weil es leicht zu heben war, so nahmen sie es mit auf einen jeglichen Absatz, sobald sie den Stein abgenommen. Ich erzähle es auf beide Arten, wie man mir es erzählt hat. Vollendet ward nun das oberste zuerst; sodann vollendeten sie, was darauf folgte, zuletzt aber vollendeten sie, was an der Erde und ganz unten war."

Sieht man von dem letzten Satz ab, dessen Bedeutung Lepsius dahin erklärt, „daß man erst die oberste Stufe der Pyramide vollständig herstellte, ehe die darunterliegende beendet war. Die Vollendungsarbeit der Stufe geschah hierbei von unten nach oben", so geht aus den Ausführungen Herodots zunächst nur die Verwendung von Hebezeugen unbekannter Art beim Pyramidenbau hervor. Daß aber Anrampungen in Form schiefer Ebenen vorhanden gewesen sein dürften, um die Steine bis zu diesen Hebezeugen heranzubringen, erscheint nicht unwahrscheinlich, wenn man sich die ganze Art und Weise überlegt, wie die Ägypter und die Assyrer, wahrscheinlich aber auch noch andere Völker des Orients, ihre schweren Lasten transportierten, die sie stets auf kufenförmige Untersätze (Schleifen) stellten. Ein derartiger Untersatz läßt sich leicht auf eine schiefe Ebene hinaufziehen. Freilich darf man sich nicht vorstellen, daß diese schiefe Ebene, wie Diodor schreibt, bis zur Spitze der Pyramide emporgereicht hätte, sie diente wahrscheinlich nur dazu, den aufgestellten Hebemaschinen Baumaterial zuzuführen. Im übrigen ist über die Verwendung schiefer Ebenen beim Pyramidenbau eine ganze Literatur entstanden, aus der wir nur hervorheben wollen, daß Hirt die Verwendung der schiefen Ebene nicht für wahrscheinlich hält, während Erman überhaupt die Verwendung einer höher entwickelten Mechanik leugnet und behauptet, daß „diese Wunder nur durch eine Kraft vollbracht sind, durch ungezählte und rücksichtslos ausgenutzte Menschenhände".

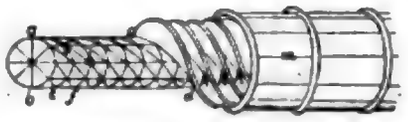


Abb. 265.
Konstruktion der Wasserschnecke (nach der Beschreibung des Vitruv [X 6]).

Eine besondere Bedeutung erlangte die schiefe Ebene durch ihre Anwendung in Gestalt der Schraube, die von Archimedes auf einer ägyptischen Reise erfunden worden sein soll. Es ist jedoch anzunehmen, daß sie dort schon lange, und zwar bei

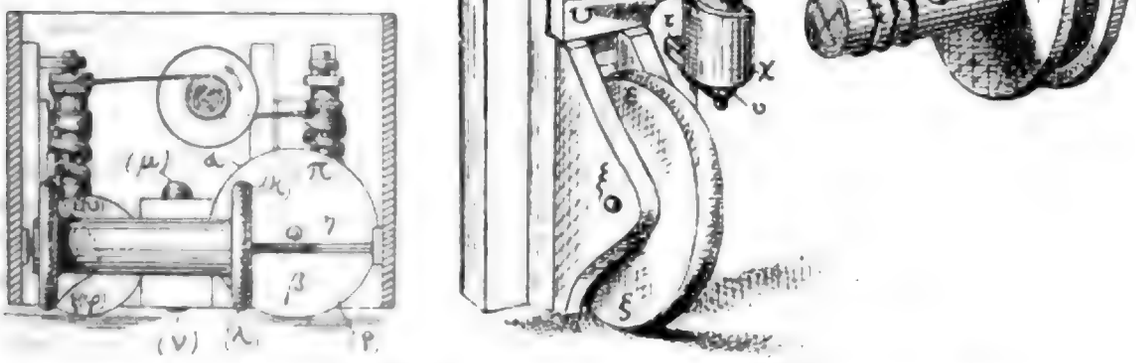


Abb. 266. u. 267. „Schrauben ohne Ende".
Schnecken in Verbindung mit Rollen und Schnurlauf bei Automaten des Heron von Alexandria. Die Einrichtung dient dazu, das Rad automatisch zu heben und zu senken.

Digitized by Google

der Wasserhaltung in Bergwerken, in Gebrauch stand („ägyptische" oder „archimedische" Schraube). Die Art ihrer Herstellung wird von Vitruv (X 6) eingehend beschrieben. Wir sehen aus dieser Beschreibung, daß die Schraube oder Schnecke aus Holz hergestellt war und zunächst ausschließlich zum Wasserschöpfen diente. Sie hatte die Gestalt eines langen Schraubengewindes k, k, k (Abb. 265), dessen Schraubengänge oben durch eine in Reifen gebundene und mit Teer bestrichene Verschalung m geschlossen waren; der untere Teil der schräg aufgestellten, in einem Balkengerüst befestigten Schnecke, die durch ein Tretrad bewegt wurde, tauchte ins Wasser; durch ständiges Drehen wurde die Flüssigkeit gehoben. Später verwendete man die Schraube an den einschraubigen Olivenpressen (Plinius XVIII 317), an den zweischraubigen Tuchpressen (siehe den Abschnitt „Gespinste und Gewebe") usw. usw. Auch an mechanischen Vorrichtungen kam sie in Form der „Schnecke" oder „Schraube ohne Ende" zur Verwendung (Abb. 266 u. 267). An Fibeln findet man kleine Schrauben von Gold; eiserne Schrauben aus dem Altertum sind bis jetzt nicht bekannt.

Rolle und Keil.

Die Rolle stand bereits bei den Assyrern im Gebrauch und wurde wahrscheinlich auch von den Ägyptern verwendet. Heron von Alexandria (1. Jahrh. n. Chr.) nutzte die Verbindung mehrerer Rollen ungleicher Größe zur Änderung der Geschwindigkeit tanzender Figuren aus, verwendete also damit jene Einrichtung, die wir heute „Übersetzung" nennen (Abb. 269). Aus ihr ist der gleichfalls viel gebrauchte Flaschenzug hervorgegangen, der insbesondere bei den Römern häufig benutzt wird (Abb. 270). Vermutlich haben ihn auch schon die Ägypter gekannt,

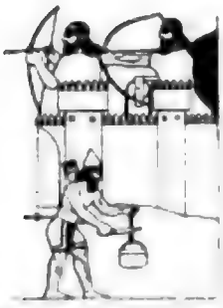


Abb. 268. Verwendung der Rolle
(bei den Assyrern zum Wasserschöpfen in einer belagerten Stadt).

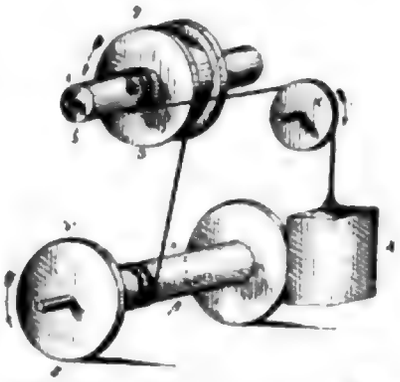


Abb. 269. „Übersetzung" (n. Heron von Alexandria).
Durch Verwendung verschieden großer Rollen wird eine Änderung der Geschwindigkeit erzielt.

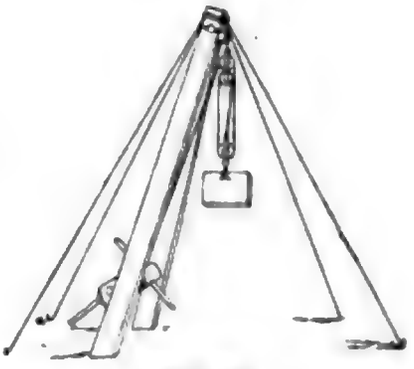


Abb. 270.
Römischer Flaschenzug
(nach der Beschreibung des Vitruv (X 2)).

wenigstens nimmt Arnondeau seine Verwendung bei der Aufrichtung der Obelisken an, in Übereinstimmung mit Krusemann, der der Ansicht ist, daß die Aufrichtung dieser Riesensteine mit Hilfe eines Flaschenzuges erfolgte, der an der Spitze eines Pylons angebracht war und dessen Seil um die Spitze des von einer Böschung auf eine Sandschüttung hinabgelassenen Obelisken herumgeschlungen war. Wäre die Ansicht Krusemanns zutreffend, so würde das Hinaufbringen des Obelisken auf diese Böschung wiederum die Verwendung einer schiefen Ebene von seiten der Ägypter bedeuten. In römischer Zeit steht der Flaschenzug an Ölpressen, an den Maschinerien

Digitized by Google

der Theater, in der Takelage der Schiffe usw. vielfach in Verwendung, ja man benützt ihn in den römischen Kaiserpalästen sogar dazu, Aufzüge und Fahrstühle zu betreiben. In dem auf dem Palatin ausgegrabenen 20 m tief liegenden sogenannten „Maschinensaal" fanden sich die Nischen, in denen sich die Aufzüge bewegten, und die Röhren und Rinnen, durch die die Rollen gingen. Je nach der Anzahl der am Flaschenzuge verwendeten Rollen unterscheidet Vitruv (X 2) Hebemaschinen (Flaschenzüge), die mit drei Rollen arbeiten, also „dreizügige" (Trispastos), und solche mit fünf Rollen, „fünfzügige" (Pentaspastos). Für große Lasten dient der „vielzügige" Flaschenzug (Polyspastos). Dieser letztere bietet den Vorteil dar, daß er nur an einem einzigen Baum befestigt zu werden braucht, da er infolge seiner vielen Rollen sehr leicht geht und rasch arbeitet. Er wird daher als Kran benutzt: „Der Umstand aber, daß nur ein Baum dabei aufgestellt ist, hat den Vorteil, daß man vorher, ehe man eine Last versetzt, die Maschine nach Belieben auf die rechte und linke Seite neigen kann" (Vitruv a. a. O. nach Reber). Die Hebemaschine ist dabei „bald aufrecht stehend, bald wagrecht auf Krandrehscheiben angebracht". Sie dient auch dazu, um Schiffe ans Land zu ziehen.

Eine besondere Abart der Rolle ist die durch Hebelwirkung in Bewegung gesetzte Winde, die gleichfalls eine viel benutzte Maschine darstellt, und an der, wie vielleicht am Flaschenzug, auch bereits zu römischer Zeit Drahtseile zur Verwendung kamen. In Pompeji hat man ein derartiges aus Bronzedraht hergestelltes Drahtseil aufgefunden.

In der Anwendung des Keils war man gleichfalls bei allen alten Völkern erfahren. Er diente zunächst schon in der Form zahlreicher Werkzeuge wie Meißel, Beil, Axt usw. usw. seit Urzeiten den mannigfachsten Zwecken. Dann sprengte man damit auch große Steine auseinander und erleichterte durch untergeschobene Keile den Transport sowie das Anheben von Lasten.

Die Überwindung der Reibung (Kufen, Räder und Wagen).

Schon frühe verstand man es, die gleitende Reibung in eine rollende umzuwandeln. Bei den Ägyptern werden, wie schon erwähnt, die größten Kolosse auf einer Art von Schlittenkufen fortbewegt. Ob man hier Rundhölzer unterlegte, um die Reibung zu vermindern, mag dahingestellt bleiben, ebenso wie es zweifelhaft ist, ob die auf assyrischen Darstellungen sichtbaren unter ähnliche Kufen gelegten Hölzer als Rundhölzer aufzufassen sind (s. Abb. 271 u. 272, S. 214). Bei manchen spricht die Richtung, in der sie liegen, dafür, bei manchen aber dagegen. Sicher ist jedoch, daß einstmals aus dem zur Hervorbringung der rollenden Reibung benutzten Rundholz, das den Transport so sehr erleichtert, das Rad hervorgegangen ist. Mit dem Rade zugleich mußte aber auch der Wagen entstehen, dessen Gebrauch sich gleich dem des Rades im Dunkel der Zeiten verliert. Die Wagen der Assyrer und Ägypter hatten Räder mit 6, 8 und mehr Speichen, während die besser gebauten Räder der Griechen nur mit 4 Speichen versehen waren. Das ursprünglichste Rad dürfte wohl eine einfache runde, ziemlich dicke Holzscheibe gewesen sein. Auch das Speichenrad war im Anfang aus Holz, dann aus Holz mit Metallbeschlag, bis es zuletzt vollkommen aus Bronze hergestellt wurde. Derartige erhalten gebliebene Bronzeräder haben runde Speichen und eine Felge, die mit tiefer Auskehlung versehen ist. In dieser wurden die Segmente des hölzernen Felgenkranzes mit Nieten befestigt. Der Radreifen, durch den der hölzerne Felgenkranz gebunden und gesichert wurde, befähigte das Rad erst, alle Hindernisse des Weges zu überwinden. Homer erwähnt bereits

A.

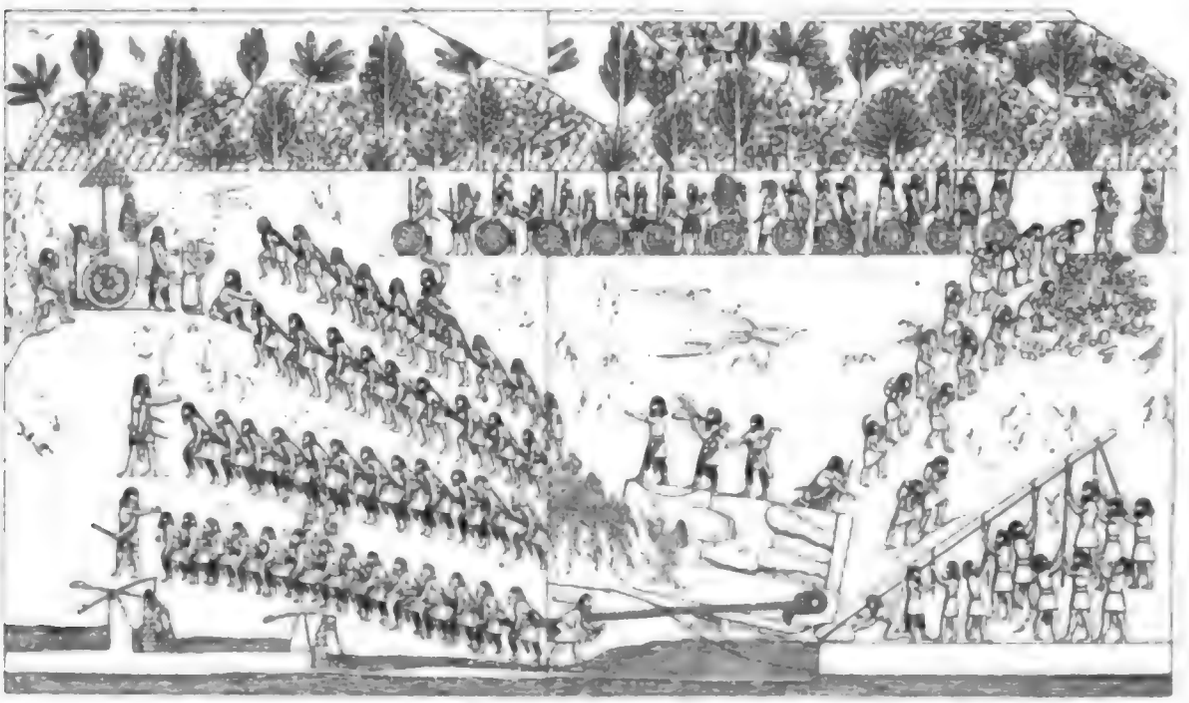


Abb. 271. Transport auf Kufen bei den Assyrern. Basrelief zu Kujundschik.
Die auf Kufen gestellte Last wird vorn gezogen, während hinten mittelst eines Hebebaums nachgewuchtet wird, dessen unteres Ende auf der einen Seite durch einen dagegengestemmten Klotz am Abgleiten verhindert wird. Unter den Kufen Hölzer, wahrscheinlich Rundhölzer, die vermutlich dazu dienten, die gleitende Reibung in eine rollende zu verwandeln. Hierfür und für ihre Querlage spricht die Art, wie der Mann das Holz, das er unterlegen will, hält, und die perspektivische Verkürzung des hinter seinem Kopfe liegenden Holzes. Dagegen spricht die Lage der Hölzer dicht vor dem Hebelarm, bei denen jedoch auch Verdrehung und seitliches Herausgleiten angenommen werden kann. (Unten links das Schaduff [Abb. 257 S. 208].)

B.

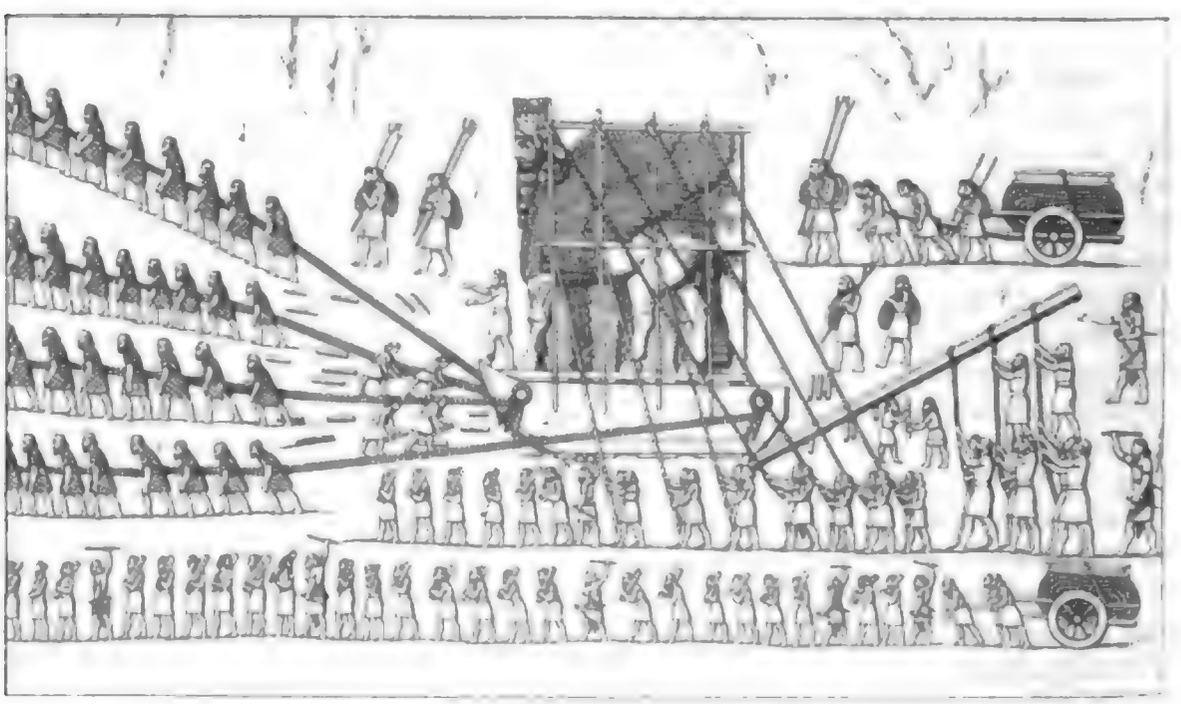


Abb. 272. Transport eines auf Kufen gestellten Riesen-Bildwerkes bei den Assyrern.
Basrelief zu Kujundschik.
Hinten Hebebaum, vor, hinter und unter den Kufen Hölzer (Rundhölzer), teils in Längs-, teils in Querlage.

Digitized by Google

| | | |

Ein Bild sagt mehr als tausend Worte. Deshalb haben wir uns entschieden, unsere Artikel mit Bildern zu illustrieren. Dieses Bild zeigt eine Landschaft.

Ein weiteres Bild, das eine Stadt zeigt. Wir hoffen, dass Ihnen unsere Bilder gefallen.

Roman Republic and Empire at its greatest extent

Ancient Rome was a civilization that grew from the city of Rome, which has been located on the Italian Peninsula since the 8th century BC. Rome grew from a small town to a city, then to a republic, then to an empire that controlled much of Europe, Northern Africa, and Western Asia. The Roman Empire's expansion contributed greatly to the spread of Latin and Christianity, which in turn influenced the development of Western civilization. Rome's legacy is visible in many aspects of the world today, including language, literature, architecture, technology, art, government, and law.

FIG. 4

Wann man von dieſer Vorrichtung zuerſt Gebrauch gemacht hat, hat ſich bis jetzt ebenſowenig ermitteln laſſen, wie ob Ariſtoteles (384—322 v. Chr.) Zahnräder meint (wie Beck und Pregél vermuten), wenn er in ſeinen „Mechaniſchen Problemen" von „Werkzeugen" ſpricht, „die viele Kreiſe zu gleicher Zeit in Bewegung ſetzen, mittels eines einzigen, wie jene Weihgeſchenke in den Tempeln, Drehräder von Erz oder Eiſen, wo, wenn der Kreis AB vorwärts gedreht wird und den CD berührt, dieſer rückwärts, und zugleich aus gleicher Urſache der EF wieder nach der erſten Richtung bewegt wird, und ſo weiter fort, wenn noch mehrere dergleichen vorhanden ſind" (Poſelger). Sehr viele Gründe ſprechen dafür, daß es ſich hier wirklich um Zahnräder handelt.

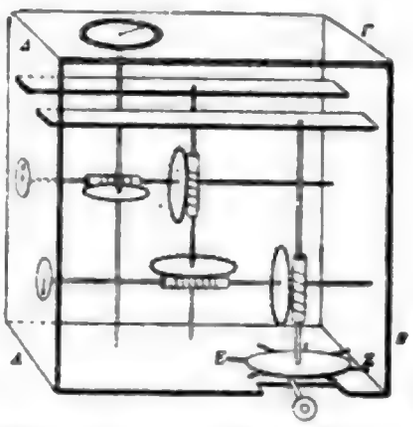


Abb. 281. Taxametereinrichtung (nach Heron von Alexandria). Mit Zahnrädern und „Schnecken" (Schrauben ohne Ende).

Vitruv hingegen erwähnt des öfteren das Zahnrad, das von Heron von Alexandria in ſehr hübſcher Weiſe dazu ausgenutzt wird, einen Regiſtrierapparat für Taxameterwagen zu bauen, der dazu dienen ſoll, die zurückgelegte Wegſtrecke zu meſſen. Bei dieſem Regiſtrierapparat (Abb. 281) greift ein an der Radachſe angebrachter Zapfen (auf der Zeichnung ganz unten rechts) bei den Drehungen der Achſe in die Zapfen bei EZ und bewegt dieſe. Die Drehung überträgt ſich durch Schrauben

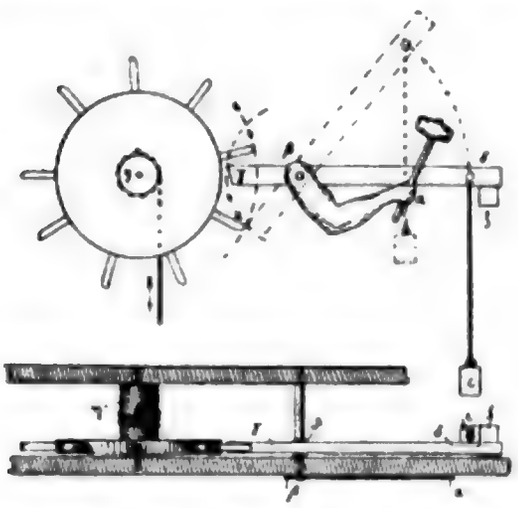


Abb. 282. Ein durch ein Zahnrad bewegter Arm für Automatentheater (nach Heron von Alexandria).

Das Zahnrad iſt hier auf eine Welle aufgekeilt (ſog. „Daumenrad"). Bei der durch ein Gewicht bewirkten Umdrehung der Welle drückt es das Hebelende γ nieder. Nachdem der Zapfen (Daumen des Rades) an γ vorbeigeglitten, wird γ durch das am längeren Hebelarm $\beta\varepsilon$ eingreifende Gewicht ι wieder in die alte Stellung gebracht, worauf der nächſte Daumen γ wieder niederdrückt uſw. Dadurch macht der Arm $\beta\alpha$ eine hämmernde Bewegung. (Unten Skizze von oben geſehen.)

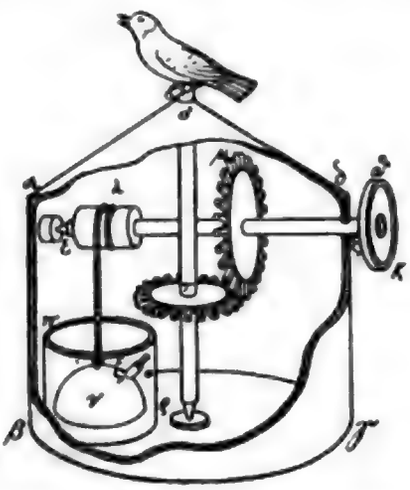


Abb. 283. Zahnräder und Winde (nach Heron von Alexandria).

Die Vorrichtung iſt ein Vogel, der ſich dreht und pfeift, ſobald man am Rade $\vartheta\varkappa$ dreht. Das Pfeifen kommt dadurch zuſtande, daß der durch die Drehung an $\vartheta\varkappa$ in die Höhe gezogene Windkeſſel ν beim Loslaſſen von $\vartheta\varkappa$ vermöge ſeiner Schwere in das mit Waſſer gefüllte Gefäß $\pi\varrho$ fällt. Dadurch wird die in ihm enthaltene Luft durch die Pfeife ξo herausgepreßt.

ohne Ende und Zahnräder bis an den Zeiger oben bei T Δ. Je mehr man Zahnräder anbringt, eine deſto größere durchlaufene Strecke gibt der Zeiger bei einer ſeiner Umdrehungen an. Bei jedem völligen Umlauf des Zeigers wird eine be-

Digitized by Google

Abb. 1: Ansicht Wiens von Südosten, Kupferstich von Matthäus Merian, 1649

Abb. 2: Ansicht Wiens von Südosten, Kupferstich von Matthäus Merian, 1672

Figure 1.3 Photograph of a Pentium processor. (Courtesy Intel Corporation)

Figure 1.1: A right triangle with legs a and b and hypotenuse c.

The Pythagorean theorem states that for any right triangle with legs of length a and b and hypotenuse of length c, we have $a^2 + b^2 = c^2$. This relationship is one of the most famous results in mathematics and has been known for thousands of years.

beschreibt Buchner: „Man hängt dabei zunächst die eine Sehnenöse in den oberen, dafür bestimmten Einschnitt des Bogens und hält mit der Rechten die Sehne dort fest. Der Rücken des Bogens sieht nach unten. Dann steigt man mit dem rechten Bein zwischen den Bogen und die Sehne, legt die untere Bogenhälfte über das linke Knie, das jetzt den Gegendruck übernimmt, und führt mit der freigewordenen Linken die untere Öse in den unteren, dafür bestimmten Einschnitt am Bogenende". Wahrscheinlich war diese Art, zu bespannen, sagt Buchner, „die zugleich die türkische sein muß, auch bei den alten Griechen üblich, die (in späterer Zeit) ähnliche Bogen hatten". Die eben erwähnte Bespannungsweise kann man, wie Buchner hervorhebt, auch im Sitzen anwenden, wie es Odysseus getan haben dürfte.

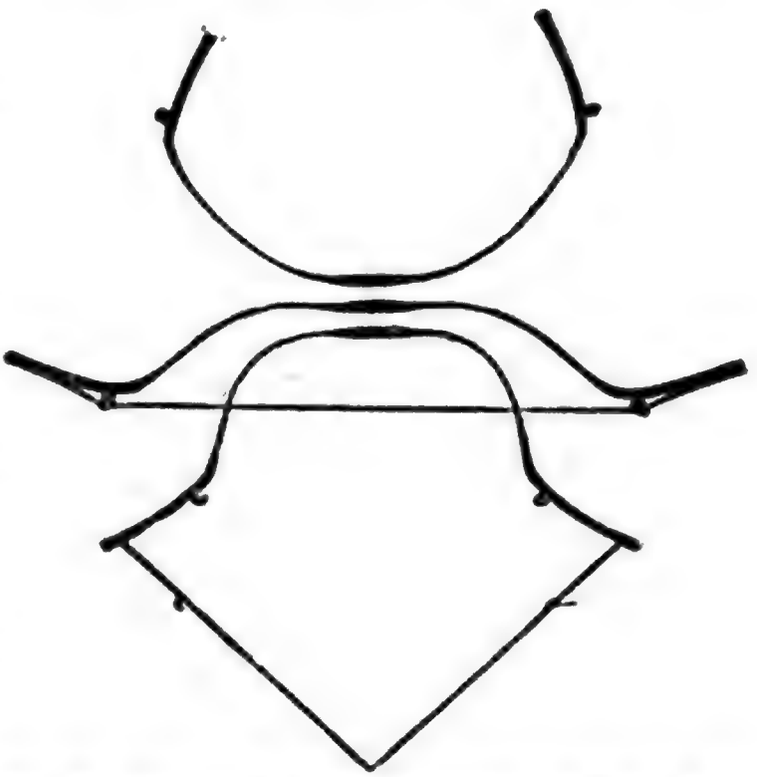


Abb. 289. Griechischer zusammengesetzter „reflexer" Bogen. Oben entspannt, in der Mitte bespannt, unten zum Schusse gespannt.

In Übereinstimmung mit diesen Ausführungen gehen die eines Anonymus in der „Täglichen Rundschau" vom 22. 6. 1914, bei denen es sich um das Spannen eines derartigen zusammengesetzten Bogens, der aus Holländisch-Indien stammte, handelt. Die Sehne war dick und fest, aus Tierdarm gedreht. „Gefertigt war der Bogen aus schwarzem Horn, etwa 5—6 cm breit und etwa 1 cm dick (bei einer Länge von 150 cm). In der Mitte war ein 10—12 cm langes und 4—5 cm dickes rundes Holz als Griff, an diesem Holze waren die beiden langen Hornstücke mit zwei Eisenringen befestigt. Außerdem war der Griff mit feinen Fäden kunstvoll umschlungen." Die Sehne hatte an beiden Enden je eine Schlinge. Der Versuch, den Bogen zu spannen, mißlang zuerst vollständig. Er glitt unter den Händen durch, drehte sich und nahm dabei wieder die alte Form an. Erst wenn man ihn auf Ober- und Unterschenkel fest auflegte, ließ sich die Sehne leicht in die Kerbe einhängen. Nur wer diesen Kunstgriff kannte, vermochte den Bogen zu spannen, wozu weniger Kraft gehörte als zum Schießen. Zur Hervorbringung der hierzu nötigen Spannung war eine volle Manneskraft erforderlich, und dann flog der Pfeil über 30 m weit.

Abb. 290. Griechischer Bogenspanner, den reflexen Bogen spannend. — Vasenbild.

Da die treibende Kraft schon bei geringer Mehrspannung des Bogens beträchtlich wächst, so vermochten geübte und starke Bogenschützen mit derartigen zusammengesetzten Bogen, die allmählich in Griechenland die Holzbogen vollständig verdrängten, ganz beträchtliche Schußleistungen zu erzielen. Der Pfeil des zusammengesetzten Bogens fliegt 900 m weit und vermag, wie aus Untersuchungen über den gleichfalls aus Horn zusammengesetzten Bogen der Siouxindianer bekannt ist, einen Bison vollkommen zu durchbohren, eine Leistung, gegen die der schwere Coltrevolver der amerikanischen Armee nicht aufzukommen vermochte.

Darstellungen einfacher und zusammengesetzter Bogen sind uns aus assyrischen, babylonischen, ägyptischen und griechischen Bildern in Menge erhalten, darunter auch solche, die das Spannen des zusammengesetzten Bogens zeigen.

Aus dem Bogen hat sich dann in folgerichtiger Entwicklung die Armbrust herausgebildet, die bereits den alten Griechen bekannt war, und zwar in Form der „Windenarmbrust", in späterer Zeit auch „Bauchspanner" genannt, weil man sie beim Spannen mit dem Vorderende des Laufes gegen den Boden stemmt, während man mit dem Bauche gegen das hintere drückt, um die Waffe während des Spannens in ihrer Stellung zu fixieren. Eine Beschreibung dieser auch im Mittelalter so viel gebrauchten Armbrust erübrigt sich wohl, da die Einzelheiten ihres Baues und ihrer Handhabung ja als bekannt vorausgesetzt werden können. Auch hier ist es die Elastizität des in ein Gestell eingespannten Bogens, die das Geschoß, einen Pfeil, gegen das Ziel treibt.

Noch gewaltiger als die auch vom Standpunkt unserer heutigen Ballistik geradezu staunenswerten Leistungen der antiken Bogen sind die der alten Geschütze, deren Wirkung gleichfalls auf der Ausnützung der Elastizität beruht, wobei die Spannung in der Regel durch Verdrehen eines mehrfach geschlungenen Seiles hervorgebracht wird. Die gleiche Art der Verdrehung nützen wir auch jetzt noch an den Sägen aus. Auch im Altertum wurden ja die Sägen bereits in der gleichen Weise gespannt. Beim Entspannen einer solchen Säge schlägt das in das verdrehte Seil eingeklemmte Holzstück mit gewaltiger Kraft gegen den mittleren Sägebalken. Eine einzige Verdrehung mehr steigert diese Kraft um ein beträchtliches. In den antiken Geschützen, die man unter der Bezeichnung „tormenta"[1]) zusammenzufassen pflegt, wurde diese Spannung durch die Anwendung von Hebeln und Winden ganz außerordentlich gesteigert.

Wenn auch die Ausnützung derartiger Geschütze bei den Römern ihren Höhepunkt erreichte, so sind sie doch zweifellos schon von den Völkern des Orients verwendet worden. Im 2. Buch Chronik 26, 15 heißt es von Usia, König von Juda (779—740 v. Chr.): „Und machte zu Jerusalem Geschütze künstlich, die auf den Türmen und Ecken sein sollten, zu schießen mit Pfeilen und großen Steinen".

Der wichtigste Bestandteil aller dieser alten Geschütze ist der zusammengedrehte Strick, das „Nervenbündel". Man kann nach der Zahl dieser Nervenbündel Geschütze mit einem Arm und einem Nervenbündel und solche mit zwei Armen und zwei Nervenbündeln unterscheiden. Da Hanf und Flachs, das gewöhnliche Material zur Herstellung der Stricke, aus der Luft Feuchtigkeit anziehen und bei Regen große Mengen davon aufsaugen, wodurch sich ihre Länge und damit auch die Torsionsfähigkeit ändert, so nahm man zur Herstellung des Nervenbündels in der Regel Material, dessen Empfindlichkeit gegen die Nässe weniger störte. Als solches kamen vor allem Tiersehnen in Betracht, dann aber Roßhaare und Frauenhaare. Die Spannung kann

[1]) Ballisten, Katapulte usw. usw. sind vielgebrauchte Bezeichnungen für derartige Geschütze, die jedoch nichts Kennzeichnendes enthalten.

Digitized by Google

Ever since the Wright brothers first flew at Kitty Hawk, aviation has been a dangerous business. Many pioneers died in the early days of flying, and even today, with all the safety measures in place, accidents still happen. Some of the most dramatic and tragic accidents have been caught on film, and this book collects the best of them.

The author has gathered together a fascinating collection of photographs, from the earliest days of aviation to the present. Each picture is accompanied by a detailed account of the accident, including the cause, the aftermath, and the fate of the pilots and passengers. The book is divided into chapters by type of aircraft, so you can read about accidents involving biplanes, jets, helicopters, and so on.

The photographs are the real highlight of this book. They are sharp and clear, and many of them are quite shocking. There is no shying away from the grim reality of these accidents. The author has clearly done his research, and the text is well written and informative.

My only criticism is that the book is a little too short. I would have liked more pictures and more detail about each accident. But overall, this is a fine book for anyone interested in the history of aviation or in the dangers of flying.

leicht, bequem und genau gerichtet werden konnten. Infolgedessen war auch, wie z. B. Scipio (Bellum afric. XXIX 4) bezeugt, ihre Treffsicherheit eine große. Bei den von Schramm rekonstruierten Geschützen betrug die Schußweite bei Verwendung einer einpfündigen Bleikugel 300 m. Das leichte Euthytonon, bei dessen Rekonstruktion ein im Jahre 1912 zu Ampurias in Spanien gefundener Spannrahmen als Vorbild gedient hatte („Ampuriasgeschütz"), schoß kurze Pfeile 305 m weit, und zwar gegen den Wind. Vier Pfeile, die wie die alten griechischen „4 Spithamen" (88 cm) lang waren, durchschlugen, aus dem nach der Vitruvschen Beschreibung gebauten Zweiarm abgeschossen, „einen eisenbeschlagenen 30 mm starken Schild so, daß der Pfeil auf seine halbe Länge (44 cm) den Schild durchdrang, also den Schildträger außer Gefecht gesetzt haben würde" (Schramm).

Trotz dieser vorzüglichen Leistungen hatten die alten Geschütze ihre Mängel, deren größter darin bestand, daß die Spannkraft des Nervenbündels infolge der Dehnung, der es ständig ausgesetzt wurde, nachließ. Philon von Byzanz (um 230 v. Chr.) verbesserte deshalb die Konstruktion. Seine im 4. Buche der „Mechanica syntaxis" beschriebenen Neukonstruktionen bestehen zunächst im sogenannten „Keilspanner", bei dem die Spannerven durch eingetriebene Keile die nötige Spannung erhalten. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß auf diese Weise ein Nachlassen der Spannkraft sehr gut kompensiert werden kann. Noch besser erscheint der Erzspanner, „Chalkotonon" (χαλκότονον), bei dem anstatt der so mangelhaften Spannerven „Erz", also Metall, Verwendung findet. Trotz dieser guten Gedanken scheint es sich hier doch um Erfindungen zu handeln, die lediglich auf dem Papier stehen, denn keine Quelle des Altertums sagt uns, daß der „Keilspanner" und der „Erzspanner" jemals praktische Verwendung gefunden hätten. Sie wurden von Schramm rekonstruiert, ergaben aber gegen die alten Geschütze keine besseren Resultate. Wenn sie überhaupt jemals ausgeführt und benutzt wurden, so dürfte ihr Wert wohl mehr in der gleichmäßigeren von der Witterung unabhängigen und länger in gleichmäßiger Weise vorhaltenden Leistung gelegen haben als in ballistischen Erfolgen. Eine weitere Erfindung auf dem Gebiete des antiken Geschützwesens rührt von Ktesibios (wahrscheinlich 2. Jahrhundert v. Chr.) her. Es ist der Luftspanner (ὁ κληθεὶς ἀεροτόνος) (siehe Abb. 294 S. 228 oben), bei dem die Bogensehne durch Büchsen gespannt wurde, in denen sich ein Kolben auf und nieder bewegte, der die Luft komprimierte. Philon lobt diesen Luftspanner, eingeführt hat er sich scheinbar gleichfalls nicht. Die Rekonstruktion Schramms ergab keine besonderen Leistungen.

Wichtiger als diese Geschütze erscheint der Mehrlader, „Polybolos" (πολυβόλος), erfunden von Dionysios von Alexandria, also gewissermaßen ein Maschinengewehr, bei dem das Spannen durch Drehen an einer Kurbel geschieht. Die Kurbeldrehung legt außerdem automatisch für jeden Schuß einen Pfeil auf. Die Pfeile kommen aus einem über der Pfeilrinne liegenden Trichter und gleiten von hier aus auf eine Walze, die durch die Kurbel gedreht wird. Die Walze hat oben einen Ausschnitt, der den Pfeil aufnimmt. Beim Drehen kommt dieser Ausschnitt nach unten, wodurch dann der Pfeil auf die Pfeilrinne aufgelegt wird. Der Mehrlader wurde von einem einzigen Manne bedient. Philon lobt ihn; wieweit er sich einführte, ist unbekannt. Die Rekonstruktionen ergeben eine überraschende Treffsicherheit. Der Fehler liegt darin, daß alle Pfeile nach derselben Stelle geschossen werden, so daß kein „Streuen" stattfindet. Unter Umständen kann dies jedoch von Nutzen sein, z. B. wenn es sich darum handelt, den Feind am Betreten von Sturmleitern, Dämmen, am Herausdringen aus Toren usw. usw. zu verhindern.

Digitized by Google

Für die Kenntnis der antiken Konstruktionstechnik ist es wichtig, daß Vitruv (X 10) bei der Beschreibung der Geschütze bereits das Konstruktionsverfahren mit

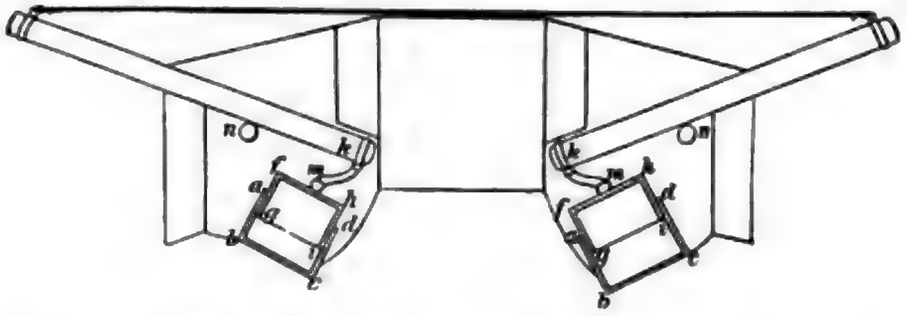


Abb. 294. Der „Luftspanner" des Ktesibios.
In den Zylindern a b c d können sich die Kolben f g h i luftdicht auf- und abwärts bewegen. Werden sie in die Zylinder hineinbewegt, so pressen sie die in diesen eingeschlossene Luft zusammen. An den Kolben sind mittels der Verbindungsstücke k m Arme angelenkt, die um die Achsen n drehbar und an ihrem oberen Ende durch die zum Fortschleudern der Geschosse dienende Sehne verbunden sind. Beim Anziehen der Sehne schoben sich die Kolben in die Zylinder hinein, beim Loslassen schnellten sie durch den Druck der gepreßten Luft nach außen und schnellten die Sehne mit großer Gewalt gegen das Geschoß, das infolgedessen in weitem Bogen dahinflog.

den Verhältniszahlen anwendet; alle Maßverhältnisse des Pfeilgeschützes sind auf die angegebene Länge des Pfeilschaftes = 1 bezogen; daraus ergibt sich die Bezugseinheit

$$d = (1 : 9)\, l,$$

die zugleich die Bohrung der Spannlöcher ist.

Hydraulik.

Auf dem Gebiete der Hydraulik ist vor allem der Heber, dessen man sich im Altertum, und zwar sowohl in der Form des Saug-, des Stech- wie des Druckhebers zu den mannigfachsten Zwecken bediente. Vor allem waren es die Ägypter, die den Saugheber als Gerät des täglichen Lebens verwendeten; pflegten sie doch ihre Getränke durch ihn nicht nur abzufüllen, sondern auch zu genießen, ein Verfahren, von dem uns zahlreiche alte Darstellungen Kunde geben. Im Saugrohr (Abb. 295), das nicht als eigentlicher Heber anzusprechen ist, bei dem aber die Wirkung des Luftdruckes auf Flüssigkeiten ausgenutzt wird, um sie aus der Tiefe des Gefäßes bis in Mundhöhe emporzufördern, haben wir vielleicht den Vorläufer des Saughebers zu sehen. Läßt man nach dem Saugen bzw. Trinken den längeren Schenkel des Hebers schnell genug fallen und lag das unterste Ende der in ihm enthaltenen Flüssigkeit zufällig tiefer als der Flüssigkeitsspiegel im Gefäß, dann trat von selbst Heberwirkung, d. h. Ausfließen der Flüssigkeit ein. Vielleicht handelt es sich bei der Darstellung in Abb. 295 auch nur um Ansaugen eines Hebers; darauf lassen die Länge des einen Schenkels, die (um ein Abknicken zu verhüten scheinbar unterstützte) Biegungsstelle sowie das Gefäß schließen, das der Knabe in der Hand hält und das wahrscheinlich gefüllt werden soll, um dann der wartenden Frau angeboten zu werden.

Außerordentlich zahlreich sind die Anwendungsformen des Saughebers, die Heron von Alexandria gibt, der sich auch mit der Theorie dieser Einrichtung beschäftigt, wobei er sich allerdings vielfach auf seinen Lehrer Ktesibios stützt.

Auch der Stechheber wird zur Entnahme und zum Abfüllen von Getränken benutzt. Eine Theorie seiner Wirkung ebenso wie der des Saughebers gibt Philon von Byzanz. Er hat vielfach die Form einer Mohnkapsel („Sieb des Aristoteles"),

Digitized by Google

Fig. 1.

Fig. 2.

man die Anzeigevorrichtung veränderlich gestaltet. Dann muß natürlich der Wasserzufluß ein genau gleichmäßiger bleiben. Diels löst bei seiner Rekonstruktion der Wasseruhr des Ktesibios (Abb. 297) dieses Problem des gleichmäßigen Wasserzuflusses, indem er die Angaben des Vitruv (IX, 8, 6) zugrunde legt: „Das Wasser ergießt sich aus der durch den Hahn F abzuschließenden Leitung A in das Regulierbecken B C D E und tritt bei E durch eine feine Röhre in das Sammelbecken K L M N ein. Ist der Druck in der Leitung stark, so wird das Wasser in dem kleinen Becken nicht normal durch die Öffnung bei E abgeführt, sondern staut sich und hebt den keilförmig nach oben zugespitzten Schwimmer G in die Höhe, so daß der Zufluß von oben abgeschnitten ist. Ist dann das Wasser unten abgeflossen, senkt sich der Spiegel wieder, der Schwimmer fällt und erweitert die obere Einlauföffnung, so daß wieder die normale Höhe erreicht wird."

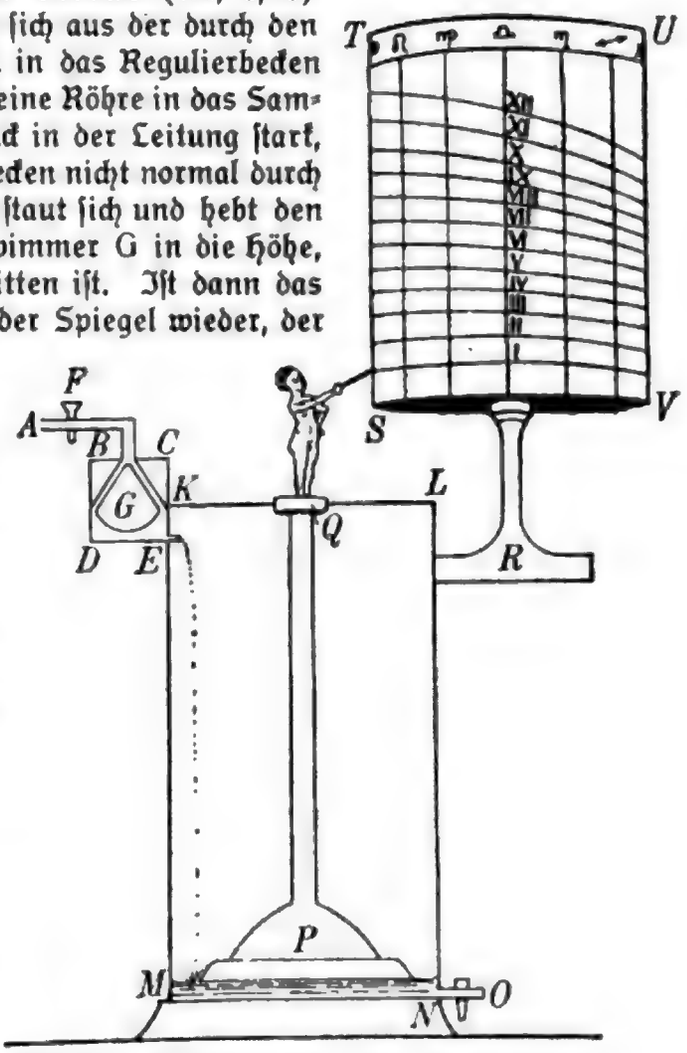


Abb. 297. Rekonstruktion der Wasseruhr des Ktesibios von Diels.

Die Art und Weise, wie man auf einer solchen Uhr mit gleichmäßigem Wassereinlauf die Anzeigevorrichtung derart veränderlich gestaltete, daß sie den im Altertume je nach der Jahreszeit verschieden langen Tagesstunden Rechnung trug, war eine sehr einfache. Wir erkennen sie sowohl auf der Speckhartschen Rekonstruktion wie auf der von Diels.

Der Zylinder trägt oben die Zeichen des Tierkreises. Unter jedem Zeichen ist die Säule in zwölf unter sich gleiche Abschnitte eingeteilt. Diese Abschnitte werden nach den Tierkreiszeichen zu, die den Wintermonaten entsprechen, immer schmäler, weil ja hier die Stunden kürzer werden. Nach den Sommermonaten zu werden sie dagegen, den längeren Stunden entsprechend, immer höher. Die Säule dreht sich, wie erwähnt, in 365 Tagen einmal um ihre Achse. Die auf dem Schwimmer befindliche Figur zeigt mit ihrem Stabe also im Winter kürzere, im Sommer längere Stunden an.

Der Druckheber dient im Altertume dazu, um Wasser über Berge hinwegzuführen, wobei oft ansehnliche Höhen (bei Pergamon z. B. 332 m) überwunden werden. Näheres hierüber findet sich im Abschnitt über die Wasserversorgung im Altertume. (Siehe Seite 427 ff.)

Der Druck des Wassers. Das Wasserrad.

Zur Ausnützung des Wasserdruckes dient das Wasserrad, das jedoch nur in der Form des unterschlächtigen Wasserrades bekannt ist. Es wird in römischer Zeit sowohl in den am Lande stehenden Wassermühlen wie auf Schiffsmühlen angewendet.

Digitized by Google

Cambridge University Press, 1990. 0 521 38232 2. £30.00 hardback.

Over the last few years, Cambridge University Press has published a number of books on the history of science, and this is the latest. It is a collection of essays by Professor Hall, who is well known for his work on the Scientific Revolution. The essays are grouped into three sections: 'The Scientific Revolution', 'Science and Society', and 'Historiography'. Most of the essays have been published before, in various journals and collections, but they have been revised for this volume.

The first section contains essays on Galileo, Newton, and the mechanical philosophy. The second section contains essays on the relations between science and religion, science and the state, and science and the public. The third section contains essays on the writing of history of science, and on the work of other historians.

Hall is a clear and lively writer, and the essays are easy to read. They are also full of interesting information and ideas. The book will be of interest to anyone who is interested in the history of science, and it is a good introduction to the work of one of the leading historians in the field.

One minor criticism is that the book has no bibliography. This is a pity, because it would have been useful to have a list of the works that Hall has used in writing these essays. However, the notes at the end of each essay do contain many references, and they will be helpful to the reader who wants to follow up some of the topics.

Overall, this is a good book, and it is recommended to anyone who is interested in the history of science.

angenietet. Die Pumpenzylinder aber haben unterhalb der unteren Mündung der Verbindungsröhren (g) Ventilklappen über die am unteren Ende befindlichen Einmündungen gesetzt (h). Von oben herab aber werden massive, abgedrehte, geschliffene und mit Öl geschmierte Kolben (i), welche in die Pumpenzylinder eingeschlossen sind, vermittelst Kolbenstangen (k) und Hebeln in Bewegung gesetzt, und diese drücken in rascher Bewegung in beiden Pumpenzylindern abwechselnd auf die mit dem Wasser dort eingeschlossene Luft, schließen die Ventilklappen an den unteren Öffnungen (g) und drängen durch die Luftpressung das Wasser durch die Mündungen der Verbindungsröhren in den Windkessel, von welchem sie in die Kappe steigt und durch den Luftdruck durch das Steigrohr in die Höhe getrieben wird. So wird von einer tiefliegenden Stelle aus, nachdem man einen Sammelraum angelegt hat, das Wasser zu einem Brunnenstrahl geliefert." Der Feuerspritze fehlten die Schläuche. Der unter Trajan lebende Baumeister Apollodor suchte diesem Mangel dadurch abzuhelfen, daß er statt der Schläuche Ochsendärme verwendete, an deren einem Ende mit Wasser gefüllte, zusammengenähte Häute befestigt waren. Das Wasser wurde durch Zusammendrücken an diesen Syphones, wie man derartige Apparate nannte, hinausgetrieben. Den Löschdienst in Rom besorgten die „syphonarii".

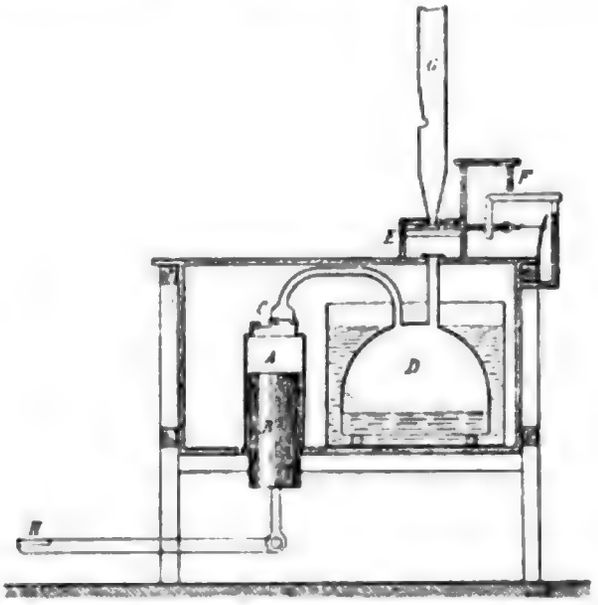


Abb. 300 Die Wasserorgel des Ktesibios.

Beim Niedertreten des Hebels H wird der Kolben B im Zylinder A emporgedrückt. Die in diesem enthaltene Luft wird dabei durch das Saug- und Druckventil C nach D gedrückt; sinkt der Kolben durch sein eigenes Gewicht, so wird dadurch wieder Luft nach A eingesaugt, die abermals nach D herübergedrückt wird. Die Luft in Glocke D drückt das darin befindliche Wasser nach unten und außen empor. Der Druck dieses Wassers bewirkt, daß die in D und E befindliche Luft durch die Orgelpfeife F strömt und diese zum Tönen bringt, sobald man durch Anschlagen der Taste F die Verbindung zwischen E und G herstellt.

In den Ruinen von Castrum novum wurde eine Feuerspritze gefunden, die im allgemeinen dieser Beschreibung entspricht, nur sind die beiden Verbindungsröhren nicht schräg, sondern in wagerechter Richtung in den Windkessel eingeführt. Dieser selbst ist schwach ausgebildet und besteht mit der Kappe zusammen aus einem einzigen Stück, während Vitruv hier die Anfertigung von zwei Stücken vorschreibt.

Gleichfalls auf der Wirkung des Luftdrucks beruht die Wasserorgel des Ktesibios, die dadurch in Bewegung gesetzt wird, daß durch einen Kolben Luft zusammengepreßt und in einen Kessel gedrückt wird. Sie verdrängt dadurch das Wasser aus diesem Kessel. Das verdrängte Wasser steigt außerhalb des Kessels in einem Behälter in die Höhe. Es übt einen Druck auf das im Innern des Kessels befindliche Wasser und damit auch auf die darin befindliche Luft aus. Öffnet man ein an diesem Kessel angebrachtes Ventil, so strömt die Luft aus und in die darüber stehenden Orgelpfeifen. In dem Maße, wie sie ausströmt, wird durch den äußeren Wasserdruck Wasser in den inneren Kessel nachgedrückt, so daß dieser zum Schluß wieder vollkommen mit Wasser gefüllt ist. (Abb. 300.)

Der Druck der Luft wird des weiteren in dem von Heron von Alexandria

erfundenen und nach ihm benannten Heronsball ausgenützt, dessen Einrichtung wir als bekannt voraussetzen dürfen, dem aber eine besondere Bedeutung für die Technik des Altertums wohl nicht zukam. Hingegen setzte Archytas von Tarent (um 400—365 v. Chr.) einen Flugapparat in Gestalt einer hölzernen Taube durch komprimierte Luft in Bewegung (Gellius, N. A. X 12, 9 ff.).

Eine Ausnützung des Dampfes finden wir in der Aeolipile des Heron, die als die erste Turbine bezeichnet werden kann. Von ihr gibt Heron selbst folgende Beschreibung: „Über einem geheizten Kessel soll eine Kugel sich um einen Zapfen bewegen. Es sei $\alpha\beta$ (Abb. 301) ein mit Wasser gefüllter, geheizter Kessel. Seine Mündung sei mit dem Deckel $\gamma\delta$ verschlossen; durch diesen sei eine gebogene Röhre $\varepsilon\zeta\eta$ getrieben, deren Ende luftdicht in eine Hohlkugel ϑ eingepaßt ist. Dem Ende η

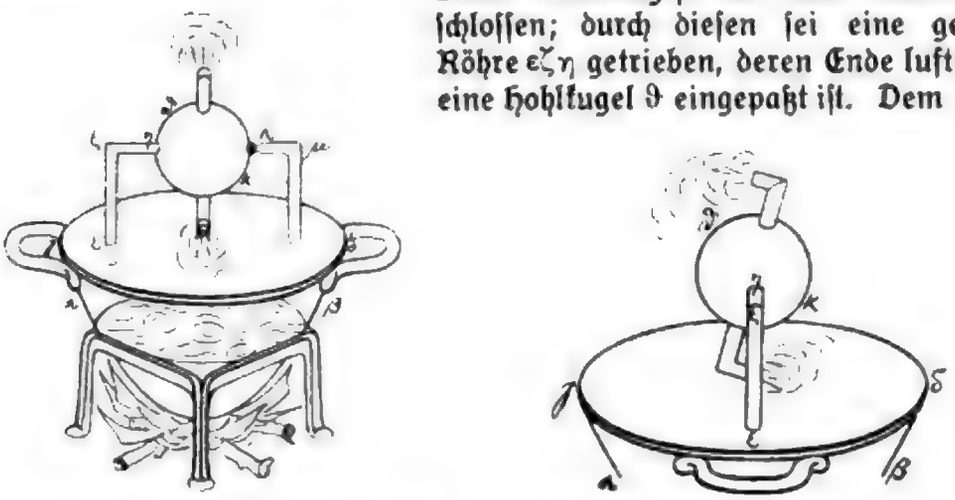


Abb. 301. Die „Aeolipile" des Heron von Alexandria.

liege ein auf dem Deckel $\gamma\delta$ feststehender Zapfen $\lambda\mu$ diametral gegenüber. Die Kugel sei mit zwei gebogenen, einander diametral gegenüberstehenden Röhrchen versehen, die in sie münden und nach entgegengesetzten Richtungen gebogen sind. Die Biegungen muß man sich rechtwinklig und quer durch die Linien η und λ denken. Wird nun der Kessel geheizt, so ist die Folge, daß der Dampf durch $\varepsilon\zeta\eta$ in die Kugel dringt, durch die umgebogenen Röhren nach dem Deckel hin ausströmt und die Kugel zur Drehung bringt, ähnlich wie schon bei den tanzenden Figuren." (Bei diesen wird die Bewegung nicht durch Dampf, sondern durch erwärmte Luft hervorgebracht.)

Im übrigen wurde der Druck des Dampfes nicht nur in Form des Rückstoßes ausgenutzt, sondern auch in einer ähnlichen Weise, wie wir dies heute im Papinschen Topfe zu tun pflegen, nämlich zum Kochen des Fleisches. Hierüber berichtet der griechische Arzt Philumenos um das Jahr 250 n. Chr.: „Man bringt ihn nebst Regenwasser in einen neuen Topf, setzt den Topf, nachdem man ihn verschlossen und verschmiert hat (clausam ollam illiniri), abends in einen Ofen, der mit glühenden Kohlen gefüllt ist, und läßt ihn, von diesen umgeben, dort die ganze Nacht über stehen; durch den Dampf geht nämlich der Schleim in Lösung und macht die Brühe dick und kleisterartig". An späterer Stelle wird über die Herstellung einer Art von Aspik noch bemerkt: „Manche kochen in der Tisane auch Kalbsfüße (ungulas vitulinas) die ganze Nacht hindurch, bis sie sich lösen, wodurch der Schleimsaft steif wird und gelatiniert" (spissus fit et glutinosus).

Literatur zum Abschnitt: „Technische Mechanik und Maschinen".

Anonymus, Antike Röhrenkessel. Prometheus 1897, S. 501.

— Unser Bogen des Odysseus. Unterhaltungsblatt der Täglichen Rundschau vom 22. Juni 1914.

Baumeister, Denkmäler des klassischen Altertums. München 1885, S. 545.

Bauna, Fund einer Pumpe aus dem römischen Altertum. Die Umschau 1907, S. 62—66.

Beck, Die Geschichte des Eisens. Erste Abteilung. Braunschweig 1891.

Beck-Darmstadt, Der altgriechische und altrömische Geschützbau nach Heron dem Älteren, Philon, Vitruv und Ammianus Marcellinus. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure 1911, S. 163.

— Herons des Älteren Mechanik. Herons des Älteren Automatentheater. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure 1909.

— Historische Notizen. Der Zivilingenieur 1886.

Blümlein, Römische Artillerie. Frankfurter Zeitung 1909, Nr. 122.

Borchardt, Automatisches Öffnen und Schließen von Tempeltüren. Mutter Erde 1899, S. 216.

— Der älteste Automat. Mutter Erde 1899, S. 35.

Buchner, Das Bogenschießen. Globus, Bd. XC, 1906.

Carra de Daux, A propos des merveilles de la mécanique ancienne. Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1914, S. 478.

Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.

Diels, Dampfmaschine, Automat und Taxameter. In: Diels, Antike Technik. Leipzig und Berlin 1920.

— Die antike Artillerie. In: Diels, Antike Technik. Leipzig und Berlin 1920.

— Platons Nachtuhr. Sitzungsberichte d. kgl. preuß. Akademie der Wissenschaften 1915. 2. Halbbd., S. 824.

— Die antike Uhr. In: Diels, Antike Technik, Leipzig und Berlin 1920.

Dietrich, Entwicklung der Massenförderungsanlagen. Die Umschau 1916, Nr. 21.

Droysen, Heerwesen und Kriegführung der Griechen. In: Hermann, Lehrbuch der griechischen Antiquitäten. Freiburg i. Br. 1889, II, 2, S. 187.

Geitel, Geschichte der Dampfmaschine bis James Watt. Leipzig 1913.

Heilborn, Der Bogen des Odysseus. Die Naturwissenschaften 1914, S. 525.

Herodot, Geschichten. 7. Buch, 24.

Holzer, Entwicklungsgeschichte der Maschine. Der Zivilingenieur 1888, S. 194.

Jacobi, Das Römerkastell Saalburg. Homburg 1897.

— Führer durch das Römerkastell Saalburg. Homburg 1908.

Kammerer, Die Entwicklung der Zahnräder. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure 1912, S. 242.

Keune, Saug- und Druckpumpen im Altertum. Beilage zur Allgemeinen Zeitung 1905, Nr. 276, S. 399.

Köchly und Rüstow, Geschichte des griechischen Kriegswesens von den ältesten Zeiten bis auf Pyrrhos. Aarau 1852.

Krusemann, La Construction moderne. Haarlem 1898.

Layard, Ninive und Babylon. Leipzig 1856.

Lepsius, Über den Bau der Pyramiden. Berlin 1834.

— Denkmäler aus Ägypten und Äthiopien, Berlin 1849—1860.

v. Lippmann, Ein Vorläufer des Papinschen Dampftopfes. Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften. 2. Band, S. 201. Leipzig 1913.

Merckel, Die Ingenieurkunst im Altertum. Berlin 1899.

M. K., Drahtseile aus altrömischer Zeit. Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1906, S. 132.

Neuburger, Das Wasser als Hilfsmittel in Haus u. Gewerbe. In: Kraemer, Der Mensch und die Erde. Band 9, S. 149 bis 348.

Ochelhäuser, Technische Arbeit einst und jetzt. Deutsche Techniker-Zeitung 1906, S. 443.

Ohler, Einiges über Tracht, Ausrüstung und Bewaffnung des römischen Heeres am

Digitized by Google

Ende der Republik und zu Beginn der Kaiserzeit. Vortrag im Königl. Museum für Völkerkunde zu Berlin, Februar 1910.
Peters, H., Zur Geschichte der Wage des Altertums. Berichte der Deutschen Pharmazeutischen Gesellschaft 1919. (29.) S. 64ff.
Poselger, Über Aristoteles' Mechanische Probleme. Abhandlungen der Kgl. Akademie d. Wissenschaften. Berlin 1829. (Gelesen 9. April 1829.)
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der Technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Chemnitz 1896.
Quilling, Die Saalburg. Frankfurter Nachrichten 1913, 8. und 10. Juni.
Reber, Des Vitruvius Zehn Bücher über die Architektur. Stuttgart 1865.
Rehm, Horologium. Realenzyklopädie des klassischen Altertums von Pauly-Wissowa-Kroll. Stuttgart 1909. Bd. VIII, Sp. 2416.
Reuleaux, Theoretische Kinematik. Braunschweig 1875.
— Über das Wasser. Berlin 1871.
— Über das Wasser in seiner Bedeutung für die Völkerwohlfahrt. Berlin 1871.
Schmidt, Aus der antiken Mechanik. Neue Jahrbücher für das klassische Altertum. 1904, S. 329—351.
— Heronis Alexandrini Opera Quae Supersunt Omnia. Leipzig 1899.
— Heron von Alexandria. Leipzig 1899.
— Über die ältesten Uhren der Griechen und Römer. Vortrag im Königl. Museum für Völkerkunde. Mai 1908. Referat: Welt der Technik 1908, S. 219.
Schneider, Geschütze nach handschriftlichen Bildern. Metz 1907.
— Antike Geschütze auf der Saalburg. Homburg 1908.
— Geschütze. Sonderabdruck aus Pauly-Wissowas Realenzyklopädie der klassischen Altertumswissenschaft, Bd. VII.
— Geschütze auf antiken Reliefs. Mitt. des Deutschen Archäologischen Instituts in Rom, Band 20, S. 166.
— Herons Cheiroballista. Mitt. des Deutschen Archäologischen Instituts in Rom, Band 21, S. 142.
Schramm, Bemerkungen zur Rekonstruktion griechisch-römischer Geschütze. Jahrbuch der Gesellschaft für lothringische Geschichte 1904, S. 1—20, 1906, S. 276—283.
— Die antiken Geschütze der Saalburg. Berlin 1918.
Schultz, Angewandte Mathematik im hellenischen Altertum. Österreichische Polytechnische Zeitschr. 1910, Nr. 1.
Speckhart, Das Räderwerk der wiedererstandenen Wasseruhr des Ktesibios. Deutsche Uhrmacherzeitung 1915, S. 167.
Spieß, Archimed von Syrakus. Mitt. zur Geschichte der Medizin und Naturwissenschaften. 1904, S. 224.
Tittel, Heron. Sonderabdruck aus Pauly-Wissowas Realenzyklopädie. Stuttgart 1909.
Wilkinson, The customs and manners of the ancient Egyptians. London 1878.
Würschmidt, Kriegsinstrumente im Altertum und Mittelalter. Monatshefte für den mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht, Bd. VIII, S. 256.

Digitized by Google

Feuerzeuge, Beleuchtung und Heizung.

Die Feuerzeuge.

Beleuchtungs- und Heizungstechnik konnten erst dann sich zu entwickeln beginnen, als die Entzündung und Unterhaltung des Feuers nicht mehr vom Zufall abhingen, sondern als man bereits über eine gewisse Technik des Feueranmachens verfügte, als man somit jene Einrichtungen besaß, die man unter dem Begriffe der „Feuerzeuge" zusammenfassen kann. Wann und wo diese zuerst aufkamen, verliert sich im Dunkel der Vorzeit. Während manche Prähistoriker die Ansicht vertreten, die Kunst der willkürlichen Feuergewinnung sei „aus dem Gedanken geboren", sind andere der jedenfalls viel berechtigteren Meinung, daß diese Kunst der Beobachtung und Erfahrung ihr Dasein verdankt. Wahrscheinlich hat man bei der Herstellung primitiver Werkzeuge und Waffen so und so oft bemerkt, daß sich das Holzstück, das man durch Bohren mit einem anderen Stück Holz durchlöchern wollte, von selbst entzündete, falls beide Hölzer genügend trocken und mit Bohrmehl bedeckt waren. Jedenfalls finden sich derartige durch Reiben von Hölzern betätigte Feuerzeuge bei allen Völkern des Altertums, und zwar schon in ihrer vorgeschichtlichen Zeit. Homer berichtet in seinem Hymnus auf Hermes:

„Er doch sammelte Holz und sann, wie er Feuer bereite.
Nehmend den stattlichen Ast von dem Lorbeer, rieb er mit Eisen
Ihn mit der Hand recht haltend, und glühender Hauch entdampfte.
Drauf noch nahm er und legte getrockneten Holzes die Fülle
Auf in ein Loch, in den Boden gemachet, und es loderte Flamme,
Weithin sengend das Blasen des hochaufflammenden Feuers."

Aus dieser Stelle läßt sich, ihre richtige Erhaltung und Deutung vorausgesetzt, sogar schließen, daß man anstatt des einen Holzes Eisen benutzte, was in technischer Hinsicht allerdings keinerlei Fortschritt bedeuten würde, da das Eisen infolge der bei seinem Gebrauch stattfindenden stärkeren Wärmeableitung schlechter wirkt als Holz. Der Lorbeer stand bei den Griechen und den Römern lange Zeit hindurch zum Zwecke des Feueranmachens im Gebrauch. Man nahm ein größeres Stück weichen Holzes, in erster Linie Efeu und Waldrebe, und höhlte darin mehrere Löcher aus. In eines dieser Löcher stellte man einen Stab aus hartem Holze, das oben — ähnlich den in gleicher Weise gehandhabten Bohrern — mit einem Griffe von halbkugeliger Form versehen war. Auf diesen legte man die eine Hand und drückte den harten zuge-

Digitized by Google

spitzten Stab gegen die Unterlage. Dann wurde er mit Bogen und Sehne in rasche Umdrehungen versetzt, bis sich die in die Vertiefung eingebrachte leicht brennbare Masse, der „Zunder", entzündete. Als derartiger Zunder wurden verkohlte Leinewand, Holzmehl, getrocknetes Gras, dürre Schwämme und Blätter, Schwefel usw. usw. verwendet. Plinius schildert uns (XVI 207) diese Art des Feueranmachens mit den Worten: „Holz wird mit Holz gerieben, und durch das Reiben entsteht Feuer, welches in trockenen Zunder aufgenommen wird. Nichts eignet sich dazu besser als Efeu und Lorbeer, der erste um gerieben zu werden, der zweite um zu reiben. Bewährt ist auch der wilde Weinstock und andere Schlinggewächse." Außer diesem Feuerzeug waren im Altertum aber auch noch weitere bekannt. In Griechenland und Rom verwendete man Stahl, Stein und Zunder, wobei als Steine nicht nur der gewöhnliche Feuerstein, sondern auch Schwefelkies und sonstige geeignete Steinarten benutzt wurden. Als „Stahl" diente entweder ein besonderes längliches Stahlstück, ein Nagel, ein Schlüssel oder ein anderes Stück desselben Steins (Plinius XXXVI 30). Des weiteren entzündete man Feuer mit Hilfe von Brennspiegeln, die aus Bronze hergestellt und mit Blattsilber überzogen waren, sowie auch mit Brenngläsern, die, wie Funde Layards im Palast des Assurnasirpal zu Ninive beweisen, bereits um 640 v. Chr. bekannt waren und aus Bergkristall oder Glas hergestellt wurden. Schon Aristophanes (450—385 v. Chr.) spricht in seinem Lustspiel „Die Wolken" (Akt 2, Szene 1) davon, daß ein Brennglas, wie es Strepsiades verwendet, um sich einer Schuld von 5 Talenten durch Schmelzen einer Wachstafel zu entledigen, auch zum Entzünden von Feuer dient. Erlosch in Rom ein heiliges Feuer, so wurde es, wie Plutarch berichtet, gewöhnlich mit Hilfe bronzener oder silberner Brennspiegel oder mit Hilfe von Brenngläsern wieder entzündet. Die Brenngläser wurden zum Teil auch aus Bergkristall hergestellt (Plinius XXVIII; Isidorus XVI 13). Die Behauptung, daß Archimedes bei der Belagerung von Syrakus die römische Flotte durch Brennspiegel entzündet habe, ist eine erst in späterer Zeit aufgetauchte falsche Behauptung, deren technische Unmöglichkeit keinem Zweifel unterliegen kann.

Abb. 302. Bogen und Sehne zum Anmachen des Feuers (sog. „Feuerbohrer" der Eskimos).

Die Beleuchtung.

Die ältesten Arten der Beleuchtung.

Die ursprünglichste Art der Beleuchtung war das Herdfeuer, an dem z. B. nach Homer Hermes die Nymphe Kalypso mit Weben beschäftigt vorfindet. Ihm folgte dann wohl der qualmende Kienspan, der während des ganzen Altertums im Gebrauche stand, wie er ja auch jetzt noch nicht vollkommen aus der Welt verschwunden ist. An seiner Stelle scheint nur bei den Bewohnern der Ostseeküsten der Bernstein verwendet worden zu sein, wenigstens berichtet Plinius, daß sie ihn „pro ligno

Digitized by Google

Fig. 1. Cup from Ballinrees, Co. Londonderry. Height 3.5 cm.

Fig. 2. Cup from Ballinrees, Co. Londonderry. Height 3.5 cm.

Fig. 3. Cup from Ballinrees, Co. Londonderry. Height 3.5 cm.

Fig. 4. Cup from Ballinrees, Co. Londonderry. Height 3.5 cm.

Fig. 5. Cup from Ballinrees, Co. Londonderry. Height 3.5 cm.

Fig. 6. Cup from Ballinrees, Co. Londonderry. Height 3.5 cm.

All the cups are of the same fabric and are decorated with incised lines filled with white inlay. Fig. 1 has a band of lozenges between two bands of chevrons on the body and a band of chevrons on the rim. Fig. 2 has a band of lozenges between two bands of chevrons on the body and a band of lozenges on the rim. Fig. 3 has a band of lozenges between two bands of chevrons on the body and a band of chevrons on the rim. Fig. 4 has a band of lozenges between two bands of chevrons on the body and a band of chevrons on the rim. Fig. 5 has a band of lozenges between two bands of chevrons on the body and a band of chevrons on the rim. Fig. 6 has a band of lozenges between two bands of chevrons on the body and a band of chevrons on the rim.

Cups of Rock

Reproduced by permission of the Ulster Museum, Belfast.

Das Einfüllen des Öls ist eine lästige Arbeit. Man sucht daher durch die Anbringung von Vorratsbehältern eine längere Speisung der Lampe zu ermöglichen. Philon von Byzanz (um 230 v. Chr.) verbessert diesen Ölbehälter, indem er ihn so ausgestaltet, daß das Nachfließen des Öls in selbsttätig geregelter Weise bis zu konstantem Niveau erfolgt. (Abb. 317.) In seiner Öllampe steht inmitten des mit Öl gefüllten Lampengefäßes ein senkrecht nach oben führendes und an der Seite mit einem Loche versehenes Rohr k l m n. Das Öl reicht bis über dieses Loch. Der obere Teil des Rohres ist von dem Vorratsbehälter a bedeckt, der in der Nähe seines unteren Endes zwei seitliche Ausflußöffnungen b e und c d besitzt. Aus diesen Öffnungen kann nach einer einfachen physikalischen Regel nur dann Öl ausfließen, wenn der äußere Luftdruck auf die Oberfläche des im Vorratsbehälter befindlichen Flüssigkeitsspiegels wirkt. Solange die seitliche Öffnung des Rohrs von Öl bedeckt ist, ist dieser Flüssigkeitsspiegel von der Außenluft abgeschlossen. Hat die Flamme genügend Öl verzehrt, so daß das Niveau des Öls im Lampengefäße so weit sinkt, daß die Seitenöffnung des Rohrs frei wird, so wirkt der äußere Luftdruck durch diese Öffnung und das Rohr hindurch auf die Flüssigkeitsoberfläche des Vorratsbehälters: Es fließt so lange Öl aus, bis das seitliche Loch wieder davon bedeckt ist. Dann ist die Verbindung zwischen Vorratsbehälter und Außenluft wieder unterbrochen: der Vorratsbehälter spendet kein Öl mehr, bis die Öffnung wieder frei wird. Das Spiel wiederholt sich, solange der Ölvorrat reicht. Die Lampe Philons zeigt eine gute Beherrschung der physikalischen Gesetze über den Luftdruck und stellt eine vorzügliche Lösung der gestellten Aufgabe dar.

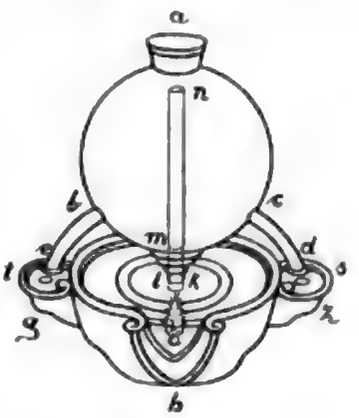


Abb. 317. Die Lampe des Philon von Byzanz.

Ebenso wie das Einfüllen ist aber auch das fortwährende Vorschieben des Dochtes eine unangenehme Beigabe beim Gebrauch dieser Lampen. Deshalb konstruiert Heron von Alexandria eine andere Art von selbsttätigen Lampen, bei denen dieses Vorschieben durch einen Schwimmer und Zahnradübersetzungen bewirkt wird. Heron (I 34) beschreibt seine Lampe folgendermaßen (nach Wilhelm Schmidt): „Die Lampe sei αβγ. Durch ihre Mündung (Tülle) stecke man eine eiserne Stange δε, die am Punkte ε leicht vorwärtsgleitet. Um die Stange schlinge man lose den Docht und stelle auch eine gezahnte Welle (Zahnrad) ζ daneben, die sich leicht um eine kleine Achse bewegt, und deren Zähne in die Stange fassen sollen, damit durch eine Drehung der Welle der Docht mit Hilfe der Zähne vorgeschoben wird. Die Lampe habe in der Mitte (des Bauches) eine weitere Öffnung. Ist das Öl hineingetan, so lasse man ein Kesselchen η darauf schwimmen. Mit diesem sei ein senkrechtes, gezahntes Stäbchen ϑ verbunden, das in die Zähne der kleinen Welle fasse. Je nachdem nun das Öl verbraucht wird, erfolgt ein Sinken des Kesselchens und mit Hilfe der Zähne des Stäbchens eine Drehung des Zahnrades ζ. Die Folge davon ist, daß sich der Docht vorschiebt."

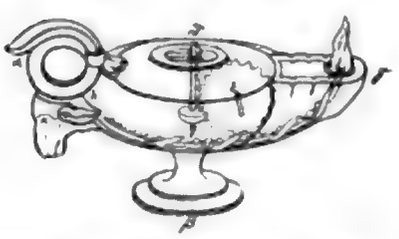


Abb. 318. Lampe des Heron von Alexandria mit selbsttätiger Dochtregelung.

Der eben geschilderte Entwicklungsgang sowie die an der Lampe angebrachten mechanischen Vorrichtungen können als Verbesserungen im Sinne der Beleuchtungstechnik nicht bezeichnet werden: Durch sie wird die Lichtstärke nicht vergrößert. Auch die Herstellung großer Lampen sowie die Verwendung dicker geflochtener Dochte bedeuten keine Verbesserung in bezug auf die Umwertung der im Brennstoff enthaltenen Energie in Licht. Die antike Lampe gibt bei verhältnismäßig großem Ölverbrauch nur ein schwaches, in seiner Farbtönung allerdings warmes Licht. Infolge ungenügender Luftzufuhr zu dem verhältnismäßig schwer verbrennlichen Öl raucht und qualmt sie stark. Juvenal (60—140 n. Chr.) erzählt (VII 222), daß der Dunst der von den Knaben mitgebrachten Lampen die Büsten des Horaz und Virgil in der Schulstube schwarz räucherte. Die Lampe bedarf auch ständiger Wartung. Die Dochte setzen infolge mangelhafter Luftzufuhr vorne „Schnuppen" von Ölruß an, die durch „Schneuzen" entfernt werden mußten, wozu die schon erwähnte kleine Zange diente. Das in den Lampen verwendete Öl war Olivenöl, Rizinusöl, Rüböl oder Leinöl, von denen das Rizinusöl nur eine schwache Flamme gab. In Babylonien soll auch Erdöl (Naphtha) gebraucht worden sein. Auch Talg wird benutzt, der flüssig in den Lampenbehälter eingegossen wird und darin erstarrt. Herodot (II 62) erwähnt, daß dem Öle Salz zugesetzt wurde. Dieser Salzzusatz hatte wohl den Zweck, der Gefahr des Entflammens der ganzen Öl- oder Talgmasse vorzubeugen, die bei offenen Lampen überhaupt, bei mit Deckeln versehenen aber in Anbetracht der Größe mancher Deckel- und Dochtöffnungen nicht ausgeschlossen war[1]). Das Salz sollte zu weitgehender Erhitzung der Talg- und Ölmassen entgegenwirken. Da man im frühen Mittelalter dem Talge zum gleichen Zweck auch Sand beimengte, so erscheint es nicht ausgeschlossen, daß dieser Brauch schon im Altertum bestand und sich bis in das Mittelalter hinein erhielt. Da man die Lampen aus Aberglauben nicht auslöschte, sondern sie verglimmen ließ, so wurde der Ölvorrat der Brennzeit entsprechend genau abgemessen und diente daher gleichzeitig als Maß für die Zeit, nach dem man z. B. auch die Arbeitszeit der Arbeiter in den Bergwerken bestimmte. Der Lampendocht wird aus Papyrus, Binsenmark, Flachs, Hanf, den Blättern des Wollkrauts (verbascum L.), aus Teilen der Rizinuspflanze, die angeblich ein besonders gutes Licht geben, und aus dem unverbrennlichen „Karpasischen Flachs" (Asbest?) hergestellt.

Die Kerzen verwendete man in zwei Formen: solchen, die mehr an die Fackeln erinnerten, bei denen also die Faserstoffe überwogen, und solchen, die unserer heutigen Kerze ähnelten, bei denen also die Masse des Dochtes eine im Verhältnis zu der des Brennstoffs geringe war. Der Docht der letzteren Art bestand nach Niemann, dessen Angaben wir bei unseren Ausführungen folgen, aus dem Mark einer Papyrusart (scirpus); der der fackelähnlichen Kerzen wurde aus den Fasern der Papyrusstaude oder aus Stricken zusammengedreht. Als Brennmaterial verwendete man Wachs oder Talg. Die Kerzen wurden nicht, wie bei uns, gegossen, sondern in der Weise hergestellt, daß man den Docht (θρυαλλίς, filum) zunächst mit Schwefel imprägnierte. Dann tauchte man ihn wiederholt in den flüssigen Talg oder das Wachs, eine Tätigkeit, die mit dem besonderen technischen Ausdrucke „candelas sebare" = „Kerzen eintalgen" bezeichnet wurde. Das zur Kerzenbereitung dienende Wachs stellte man mit besonderer Sorgfalt in der Weise her, daß man die Waben zunächst in Wasser reinigte und dann drei Tage lang trocknete. Hierauf wurde das Wachs ausgepreßt und in einem Gefäß aus Ton oder Bronze mit Wasser gekocht. Dann seihte man es durch

[1]) „Sicherheitslampen" siehe Abb. 309.

verſchiedenem Durchmeſſer angebracht, ſo daß ſie ſich für Kerzen verſchiedener Dicke verwenden laſſen. Die Scheiben der Laternen (Abb. 323) beſtanden entweder aus geölter Leinwand oder aus tieriſcher Blaſe, meiſt aber aus Horn, das man ſo lange geſchabt hatte, bis der nötige Grad der Durchſichtigkeit erreicht war. Erſt um 400 n. Chr. kamen Laternenſcheiben aus Glas auf. Die Laterne iſt aus dem geflochtenen Korbe hervorgegangen, in den man zuerſt die Lampe hineinſtellte, um die Flamme vor Regen und Wind zu ſchützen, was Ariſtophanes (450—385 v. Chr.) in ſeiner Komödie „Die Acharner" erwähnt.

Die Straßenbeleuchtung.

Alle die eben erwähnten Beleuchtungsmittel wurden faſt ausſchließlich im Hauſe gebraucht, denn eine Straßenbeleuchtung gab es im Altertum nicht. Sie war auch nicht nötig, da man ſich ſehr früh legte und ſich in der Regel beim Morgengrauen wieder vom Lager erhob. Wer bei Dunkelheit über die Straßen ging, der mußte ſich von einem Diener eine Fackel oder Laterne vorantragen laſſen oder eine ſolche bei ſich führen, wie z. B. die Schüler Roms, die noch bei Finſternis aufbrachen, um mit den erſten Strahlen der Sonne in der Schule zu ſein. Die Straßen oder einzelne Plätze wurden nur bei großen Feſtlichkeiten erleuchtet, was durch Feuerbrände geſchah, die man in aufgeſtellten Becken entzündete. Man verbrannte darin Pech, Harz, Aſphalt, Kien oder Gemenge aus dieſen Stoffen. Außerdem wurden Fackeln in die verſchiedenen Fackelhalter oder Kandelaber geſteckt. Dieſe Verhältniſſe änderten ſich auch dann nicht, als während der römiſchen Kaiſerzeit das Nachtleben Roms beträchtliche Fortſchritte machte: Die Straßen blieben nach wie vor unbeleuchtet. Hingegen ſcheint gegen Ende des 4. Jahrhunderts n. Chr. in verſchiedenen Städten Vorderaſiens eine nächtliche Straßenbeleuchtung aufgekommen zu ſein. Libanius (314—393 n. Chr.) ſowohl wie der Kirchenvater Hieronymus (um 345—420 n. Chr.) berichten übereinſtimmend, daß in Antiochia in Syrien die Straßen bei Nacht beleuchtet waren. Die Beleuchtung Antiochias geſchah durch Öllampen, die an Stricken über die Straße hingen. Auch in Cäſarea in Kappadozien muß eine derartige Straßenbeleuchtung beſtanden haben, wie aus Äußerungen Baſilius' des Großen aus dem Jahre 371 n. Chr. hervorgeht.

Leuchttürme.

Beſſer ausgebildet als die Straßenbeleuchtung war die der Leuchttürme, von denen während des Altertums eine ganze Anzahl errichtet wurden. Schon zu Homers Zeiten waren vielfacher Annahme zufolge an den Küſten Feuerwachen errichtet (Odyſſee X 30 und Ilias XVIII 207 bis 213, XIX 375, 377), die das zur Sicherung der Schiffahrt dienende Licht dadurch erzeugten, daß man auf beſonderen Warten Reiſigbündel verbrannte. Nach neueren Unterſuchungen von Hennig handelte es ſich dabei aber um Signalfeuer zur Heranholung von Hilfskräften oder um zufällig brennende Feuer. Die Frage, ob es zu Homers Zeiten Leuchtfeuer gab, die ſich nur auf ſprachlicher Unterlage löſen läßt, erſcheint augenblicklich noch nicht hinreichend geklärt. Immerhin erſcheint die Annahme von Feuerwarten für die Schiffahrt in ſehr alter Zeit ſchon deshalb berechtigt, weil der Gedanke, dem vom Einbruch der Nacht überraſchten Schiffer die Stelle der Landung bekanntzu-

geben, ja ein außerordentlich naheliegender ist. Allmählich wurden diese Warten immer höher und prachtvoller. Einzelne davon, wie z. B. der mit einem Kostenaufwand von 800 Talenten = 3 600 000 Mark (299 bis 280 v. Chr.) erbaute Leuchtturm von Alexandria (Plinius XXXVI 12, 83. Cäsar, De bell. civ. III 112, Lucanus, Pharsalia IX 1004, Strabo, Geographica XVII 1, 6), der aus weißem Marmor errichtet war und mehrere Stockwerke besaß, auf deren Terrassen man umhergehen konnte, erlangten Weltberühmtheit. Nach Hennigs gründlichen Unter-

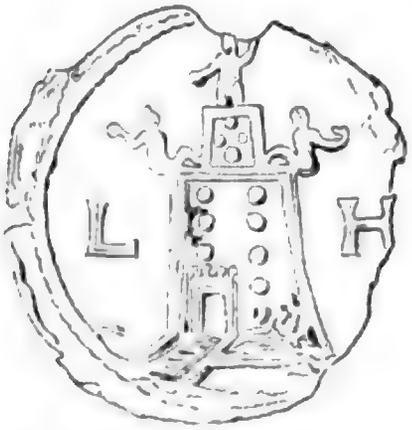


Abb. 324. Der Leuchtturm von Alexandria nach einer alexandrinischen Medaille.

Diese Darstellung wird von Geitel u. a. als wahrscheinlich richtig, wenigstens in bezug auf die äußere Form des Turmes gehalten. Oben Götterbilde

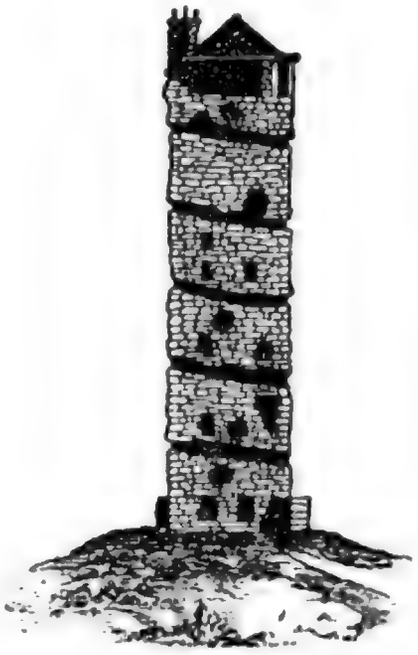


Abb. 325. Der römische Leuchtturm „Torre di Hercules" von Coruna (Brigantium).

Der Leuchtturm steht heute noch im Gebrauch. Er hatte früher eine Außentreppe (Wendeltreppe), deren Spuren noch im Mauerwerk zu sehen sind. Er dürfte unter Kaiser Trajan ums Jahr 100 n. Chr. errichtet worden sein.

suchungen war der Leuchtturm von Alexandria zunächst ein Tageszeichen für die Schiffahrt, das erst nach dem Jahre 41 und vor dem Jahre 65 n. Chr. von den Römern in einen Leuchtturm verwandelt worden ist. Nach dem gleichen Verfasser dürfte der aus dem Jahre 42 n. Chr. stammende Leuchtturm von Ostia als der älteste echte Leuchtturm der Welt anzusprechen sein. Wie freilich die Beleuchtungseinrichtung dieser alten Leuchttürme ausgestaltet war, darüber sind uns nur spärliche Nachrichten erhalten. Wahrscheinlich aber handelt es sich meist um offene Feuer, die in freier Luft ohne Laterne brannten. So erwähnt z. B. der jüdische Schriftsteller Josephus (37 bis nach 95 n. Chr.) (βίος VI 10, 5), daß auf dem Pharus von Alexandria ein offenes Holzfeuer von eigens dazu angestellten Wächtern unterhalten wurde. Dieses Feuer leuchtete — gleichfalls dem Berichte des Josephus zufolge — 300 Stadien (also etwa 57 km) weit. Die Abbildung eines solchen Feuers ist uns auf einem Relief erhalten, das den von Kaiser Claudius an der Tibermündung bei Ostia errichteten Hafen nebst seinem Leuchtturm darstellt. Hier brennt auf dem obersten Absatze des in mehreren Terrassen sich aufbauenden Turms eine hohe offene Flamme. Vermutlich erzeugte man sie durch Entzünden von Holz, das mit Teer, Harz und Asphalt gemischt oder getränkt war. Die Leuchtkraft solcher offener Feuer, deren Licht weder durch Hohlspiegel noch durch Linsen gesammelt wurde, dürfte aber kaum so stark gewesen sein, wie Josephus oben angibt. Derartige

Digitized by Google

Abb. 121. Die Eisenbahnen aus Steyrischem Gußeisen.

Sichtweiten lassen sich nur mit neuzeitlichen Hilfsmitteln erreichen und auch hier nur bei großen Leuchtfeuern, wobei eben dann in der angegebenen Entfernung auch nicht das Feuer selbst, sondern nur der Schein der Blitze zu sehen ist.

Die Heizung.

Die Brennmaterialien.

Die Brennmaterialien des Altertums waren das Holz, die Holzkohle, die Steinkohle, eine Art von Preßkohle, sowie der Torf. Von diesen spielten die letzten drei, ebenso wie das zuweilen gebrauchte getrocknete Schilf, nur eine sehr untergeordnete Rolle. Die Preßkohle, die Theophrast (De ign. 37) erwähnt, wurde nur für gewisse technische Zwecke, insbesondere bei Erzarbeiten verwendet und durch Zusammenpressen von Holzkohle mit Pech oder Teer als Bindemittel hergestellt. Die Steinkohle kam in den Mittelmeerländern überhaupt nicht zur Anwendung. Man brannte sie, ebenso wie die mit ihr so nahe verwandte Braunkohle, nur an ganz vereinzelten Orten, wo sie sich eben gerade vorfand, vor allem in Gebieten der Ruhr und Saar sowie in Großbritannien. Ebenso ist es mit dem Torf. Er war allen südlicheren Völkern als Brennmaterial vollkommen unbekannt, und die Römer sahen diese Verwendung wohl zum erstenmal, als sie mit den Germanen in Berührung kamen. So berichtet Plinius von den an der Nordseeküste wohnenden Chauken: „Zum Fischfange flechten sie Netze aus den Binsen ihrer Sümpfe, deren Schlamm sie mit den Händen formen und unter dem trüben Himmel im Winde trocknen. Mit dem Brande dieser Erde kochen sie ihre Speisen und erwärmen die vom Eise des Nordens erstarrten Glieder." Wir werden uns deshalb bei unserer Betrachtung lediglich mit den beiden wichtigsten Brennmaterialien des Altertums, dem Holze und der Holzkohle zu beschäftigen haben.

Über das erstere ist nicht viel zu sagen: Man nahm es, wo man es gerade fand, und scheute sich nicht, für Brenn- sowie für technische Zwecke ganze Wälder einfach abzuholzen, ohne durch Aufforsten für einen entsprechenden Nachwuchs zu sorgen. Noch heute finden wir Spuren dieser unter den Römern gebräuchlichen Mißwirtschaft. Als Beispiel sei das große Gebiet des Karstgebirges erwähnt, das zur Römerzeit dicht bewaldet war, und das man abholzte, um Brennmaterial sowie Holz für Schiff- und Häuserbau zu gewinnen. Da nach dem Abholzen der Waldboden nicht mehr durch das Wurzelwerk der Bäume zusammengehalten wurde, so wurde er vom Wind und Regen fortgeführt und weggewaschen. Noch heute besteht dies große, einst so waldreiche Land aus nackten, bloßen Felsbergen. Wie man die Bäume fällte und das Holz zerkleinerte, wurde bereits an anderer Stelle behandelt (siehe den Abschnitt „Die Bearbeitung des Holzes" S. 71).

In vielleicht noch weiterem Umfang als das Holz benutzte man im Altertum die Holzkohle als Feuerungsmaterial. Sie war schon zu Homers Zeiten im Gebrauche, wie aus einer Stelle der Ilias (IX 212) hervorgeht:

„Als nun die Loh ausbrannt und des Feuers Blume verwelkt war,
Breitet er hin die Kohlen und richtete drüber die Spieße."

Ihre Herstellung bildete ein wichtiges technisches Gewerbe, der Stand der Köhler war ein zahlreicher und weit verbreiteter. Zum Brennen des Holzes ver-

Digitized by Google

wendete man alle möglichen Holzarten, von denen einige Eichen sowie der Buchsbaum weniger beliebt waren, da sie keine sehr gute Kohle lieferten. Das Brennen geschah, genau so wie heute noch, in Meilern. Der Meiler wurde, um in seinem Innern die Luft möglichst auszuschließen, aus glatten Hölzern aufgeschichtet, die sich dicht aneinanderschmiegten und wenig Luftraum zwischen sich ließen. Dann bedeckte man den halbkugelförmigen Meiler mit Erde und zündete ihn an. Während des Brennens stieß man mit langen Stangen hinein, um dem Rauch und den Schwelgasen hinreichenden Abzug zu verschaffen. Ob der Kohlenmeiler in der Mitte einen senkrechten Kanal hatte, wie dies später vielfach üblich war, ist nicht bekannt. Manche Meiler wurden in besonderer Weise aufgeschichtet und am Boden mit einer Abzugsrinne versehen, um durch trockene Destillation der oberen Holzschichten Teer zu gewinnen. Man verfuhr dabei derart, daß man, insbesondere in den oberen Schichten, die Luftzufuhr noch mehr beschränkte als bei gewöhnlichen Meilern, so daß hier überhaupt keine Oxydation mehr stattfinden konnte. Wo nur eine Spur einer solchen, also eine aus dem Meiler schlagende Flamme zu bemerken war, warf man sofort Erde auf, um sie zu ersticken. Am Meiler standen zu diesem Zwecke sowie zur Beobachtung Leitern bereit. Der Teer, der nach oben nicht entweichen konnte, floß nach unten ab und wurde in einer Grube gesammelt. Dann wurde er in kupfernen Kesseln, unter Zusatz von Essig gekocht, um das zum Auspichen der Fässer dienende „bruttische Pech" zu gewinnen (Plinius XVI 52). Dieses Pech diente auch zum Auskleiden der Innenseite von Weinamphoren, zum Teeren der Schiffe, zum Anstreichen der Dächer, um sie wasserdicht zu machen — kurzum zu so ziemlich denselben Zwecken, zu denen wir es auch heute noch in seiner ursprünglichen Form zu verwenden pflegen. Im übrigen aber bereitete man es nicht nur in Meilern, sondern auch in besonderen Öfen, wohl in einer Art von Muffelöfen, die jedoch — im Gegensatze zu den heutigen — nicht mit einem nach oben gehenden Abzugsrohr für die Produkte der trockenen Destillation, sondern mit einer im Boden befindlichen Rinne versehen gewesen sein dürften, in die der Teer abfloß.

Die Feuerstätten: die Formen der Herde.

Unter den verschiedenen Feuerstätten, auf und in denen man das Brennmaterial verbrannte, ist der Herd die älteste und während des ganzen Altertums verbreitetste. Wie vorgeschichtliche Funde zeigen, hat er sich in folgender Weise entwickelt. Das Feuer war ein kostbares Gut, das streng gehütet werden mußte, machte seine Wiederentzündung doch große Schwierigkeiten. Um es daher vor dem Regen und insbesondere dem Winde zu schützen, grub man ein Loch in die Erde und zündete es darin an. Dieses Loch ist die älteste Herdform (Abb. 327, 328 u. 329 S. 353), wenn man eine solche nicht darin erblicken will, daß man sich oft auch nur damit begnügte, um das Feuer herum Steine aufzustellen, die gleichfalls einen Schutz sowie die Möglichkeit darboten, gewisse Nahrungsmittel, insbesondere Fleisch, in bequemer Weise über dem Feuer zu rösten. (Abb. 330 S. 353.) Der am Boden befindliche Herd, der heute noch bei vielen wilden Völkerschaften im Gebrauch steht, wurde in dem Maße erhöht, wie der Mensch vom Hocken zum Stehen und Sitzen überging. Man türmte Steine übereinander und zündete auf ihnen das Feuer an. (Abb. 331 u. 332 S. 354.) In dieser Grundform tritt uns nun der Herd im Altertum mit zahlreichen Abänderungen entgegen. Bald ist er ein einfaches Mauerwerk mit ebener Oberfläche, auf der das Feuer brennt, bald wieder wird der Rand erhöht, bald schichtet man nur Feldsteine

Digitized by

eine, bald die andere, bald wieder mehrere, oft sogar, wie z. B. auf der Saalburg, zahlreiche Formen derartiger Herde. Alle diese Herde verräucherten die Räume, in denen sie standen; das Hauptzimmer des römischen Hauses, ursprünglich der einzige Raum, in dem auch der Herd stand, erhielt seinen Namen „atrium" vom Rauche (ater = schwarz). Schornsteine gab es nicht, auch nicht in Pompeji, wie mehrfach irrtümlicherweise behauptet wurde. Nur an Backöfen finden sich dort Röhren, um den Dunst abzuführen. Erst an den eigentlichen Heizungen werden Abzugsröhren für den Rauch angebracht. Wollte man das Verräuchern der Wohnung bei Herden vermeiden, so verwendete man als Heizmaterial kein Holz, sondern Holzkohle.

Kohlenbecken und ihre Abarten.

Der Herd hatte, eine so wichtige Rolle er auch spielte, einen großen Nachteil: Er war unbeweglich. Sobald er daher nicht nur zur Bereitung der Speisen, sondern auch zur Erwärmung der Räume dienen sollte, mußte er in dem Augenblicke versagen, wo man mehr als einen Raum bewohnte. Dann ersetzt man ihn durch eine andere Vorrichtung, die nicht mehr, wie er, zwei Zwecken — der Bereitung der Speisen und der Heizung — sondern nur noch als Heizung diente. Diese Vorrichtung ist die Kohlenpfanne. Die Kohlenpfanne stellt ein im Altertum weit verbreitetes Heizgerät dar, das uns in den mannigfachsten Ausführungsformen, oft ein wahres Kunstwerk von wunderbarer Schönheit, entgegentritt, das aber gleich dem Herde den Nachteil aufweist, daß die Verbrennungsprodukte auch dann, wenn man besondere Kamine anbringt, zum Teil ins Zimmer gelangen. Im übrigen aber muß das Kohlenbecken als eine gute Art der Heizung bezeichnet werden, obschon allgemein die Ansicht verbreitet ist, daß es nur eine ungenügende Heizkraft besessen haben könne. Gegen diese Annahme sprechen verschiedene Umstände: Zunächst einmal die Angaben von Leuten, die, wie z. B. vor allem Winckelmann, die noch jetzt in südlichen Ländern im Gebrauch stehenden Kohlenbecken kennen lernten und ihre vorzügliche Wirkung rühmten. Dann aber beweisen Funde, wie z. B. das Tepidarium der Männerabteilung der Bäder des Forums zu Pompeji, daß man mit solchen Kohlenbecken auch sehr große Räume zu heizen vermochte. Endlich aber haben eingehende Untersuchungen von Krell ergeben, daß mit einem verhältnismäßig kleinen Kohlenbecken ganz beträchtliche Räume geheizt werden können. Krell schreibt: „Das in Pompeji in dem Tepidarium der Forumsbäder aufgefundene, an dem Orte seiner ehemaligen Verwendung stehende bronzene Kohlenbecken von

$$2{,}33\ \text{m} \times 0{,}8\ \text{m} = 1{,}88\ \text{qm}\ \text{Brennfläche}$$

ist allein schon hinreichend, um eine größere Kirche, wie z. B. die Egidienkirche in Nürnberg, in welcher mehr als 2000 Zuhörer Platz haben, mit Sicherheit bei größter Winterkälte zu beheizen". Auch die Frage, ob durch den Gebrauch solch erantiker Kohlenbecken die Luft eines Raumes derart verschlechtert werden kann, daß Gefahren für die Gesundheit entstehen, bildete den Gegenstand eingehender Forschungen, deren Ergebnis man dahin zusammenfassen kann, daß bei niederer Temperatur im Verbrennungsraum ausschließlich Kohlensäure entsteht. Kohlenoxydgas bildet sich nur bei hohen Temperaturen und in um so größerem Verhältnis, als die Temperatur im Verbrennungsraume steigt. Unter Zugrundelegung dieser Tatsachen war zunächst zu untersuchen, ob der Kohlensäuregehalt bis zu einer gefährlichen Grenze ansteigen kann. Diese Frage ist nach Krell zu verneinen: Selbst wenn man einen Baderaum

Digitized by Google

von 357 cbm Inhalt von Null Grad auf 60 Grad erwärmen will, wobei stündlich 36 860 Wärmeeinheiten zuzuführen sind, enthält bei einmaligem stündlichen Luftwechsel bei stündlicher Verbrennung von 5,14 kg Holzkohle mit einem Heizwert von 7180 Wärmeeinheiten pro kg die Luft nur 2,3% Kohlensäure. Wenn auch Pettenkofer früher den zulässigen Kohlensäuregehalt der Atemluft weit geringer angegeben hat (1 Raumteil Kohlensäure auf 1000 Raumteile Luft), so zeigen doch neuere Untersuchungen von Emmerich sowohl wie von Lehmann, daß auch bei 2% Kohlensäure selbst dann keine schädlichen Folgen eintreten, wenn dieser Gehalt zuweilen auf 6—12% ansteigt. Im übrigen aber ist der oben angenommene Temperaturunterschied von 60 Grad ein viel zu hoher. Legt man normale Verhältnisse zugrunde, so ergibt sich, daß z. B. bei einem Raume von 266 cbm Inhalt ein Kohlensäuregehalt der Luft von 0,47% vorliegt, der niemals nachteilig wirken kann. Nur in sehr kleinen und sehr dicht verschlossenen Räumen hält Krell eine Gefahr für nicht ausgeschlossen. Anders liegt die Frage bezüglich der Schädlichkeit des entwickelten Kohlenoxyds. Wenn auch Eckardt bei Versuchen mit einem 0,25 m breiten und 0,35 m langen Kohlenbecken sowie bei einer Schichthöhe der Holzkohle von 10—15 cm nur eine ganz geringe Entwicklung von Kohlenoxyd feststellen konnte, die er als „Spur" bezeichnete, so vermochte doch Verfasser bei seinen Forschungen über die Geschichte der Kohlenoxydgasvergiftungen zahlreiche Berichte gerade aus dem Altertum zusammenzustellen, die die Gefährlichkeit derartiger Kohlenbecken infolge der Möglichkeit von Kohlenoxydgasvergiftungen beweisen. Unter den Berichten aus dem Altertum seien vor allem die von Titus Lucretius Carus (96—55 v. Chr., De rerum natura VI 803 und 792), ferner die von Galen (131—200 n. Chr.), Erasistratus (um 300 v. Chr.), Kaiser Julianus Apostata (regierte 361—363 n. Chr.) usw. usw. erwähnt. Im allgemeinen hat sich gezeigt, daß bei der Verwendung von Schichthöhen von nicht mehr als 0,15 m das Kohlenbecken der Alten bei Innehaltung einer niedrigen Verbrennungstemperatur als ungefährlich gelten kann. Bei dem vielfachen Gebrauche dieser Kohlenbecken kann man wohl den Schluß ziehen, daß man im Altertum die Kunst, mit ihnen richtig, d. h. bei niedriger Schichthöhe und niedriger Temperatur zu heizen, wohl verstand, daß aber andererseits die mannigfachen Berichte von Kohlenoxydgasvergiftungen beim Gebrauche derartiger Becken den Beweis für ihre Gefährlichkeit bei unrichtiger Behandlung erbringen.

Das Kohlenbecken bot gegenüber dem Herde den Vorteil, daß man es in jedem beliebigen Raume verwenden konnte. Es hatte gegen ihn den Nachteil, daß sich darauf keine Speisen bereiten ließen. Man suchte nun beide Annehmlichkeiten zu vereinen und schuf Kohlenbecken, die, wenn auch nicht direkt zur Speisenbereitung, so doch zur Herstellung warmer Getränke, insbesondere des vielbeliebten Glühweins, der „calda", sowie zum Warmhalten der Speisen dienten. Über derartige Becken, die in sehr schöner Ausführung in Pompeji gefunden wurden, und bei denen die Erwärmung von Speisen mit Hilfe von warmem Wasser bewirkt wurde, schreibt Overbeck: „Sie bestehen wie die Feuerbecken aus einer Feuerplatte mit umgebendem Rande, der jedoch doppelt und oben verschlossen eine rundumlaufende Rinne für Wasser bildet. Wird nun das Innere des Feuerbeckens mit glühenden Kohlen gefüllt, so mußte, wie leicht einzusehen, das umgebende Wasser schnell erwärmt werden, und die obere Fläche der erhitzten Röhre oder Rinne konnte zum Aufstellen heiß zu haltender Schüsseln dienen, während immerhin auch die aufsteigende Glut des Feuerbeckens zu gleichem Zwecke verwendet worden sein mag. Zu gleicher Zeit konnte man das kochende Wasser benutzen, welches durch einen Hahn abgezapft wurde. In aller Einfachheit zeigt der nied-

Digitized by Google

lich verzierte Herd rechts in Abb. 334 u. 335 diese Einrichtung, während derjenige links noch um ein geringes vervollkommnet erscheint. Er gleicht im ganzen einem kleinen Befestigungswerke mit einem Zinnenkranze, welcher als Ornament für derlei Herde und Feuerbecken ganz besonders beliebt war. An den vier Ecken dieses Herdchens erheben sich kleine, ebenfalls zinnenbekränzte Türme, welche mit einem Klappdeckel verschlossen sind; wurde dieser zurückgeschlagen, wie es bei dem einen Türmchen in der Abbildung ersichtlich ist, so konnte man ein Gefäß etwa mit zu erwärmender Brühe unmittelbar in das heiße Wasser stellen, welches zu anderweitigem Gebrauche durch den an der linken Fläche erkennbaren Hahn abgezapft wurde."

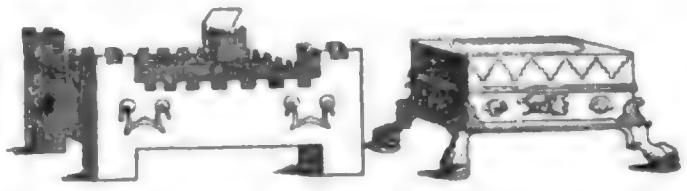


Abb. 334 u. 335.
Tischherde aus Bronze (Pompeji) zum Warmhalten der Speisen und zur Bereitung von heißem Wasser.

Noch bemerkenswerter ist der in der nächsten Abbildung in Ansicht und Durchschnitt dargestellte Kohlenbeckenherd. (Abb. 336.) Auf seiner Platte befindet sich ein halbrundes nach vorne offenes Feuerbecken, dessen Doppelwände zur Aufnahme von

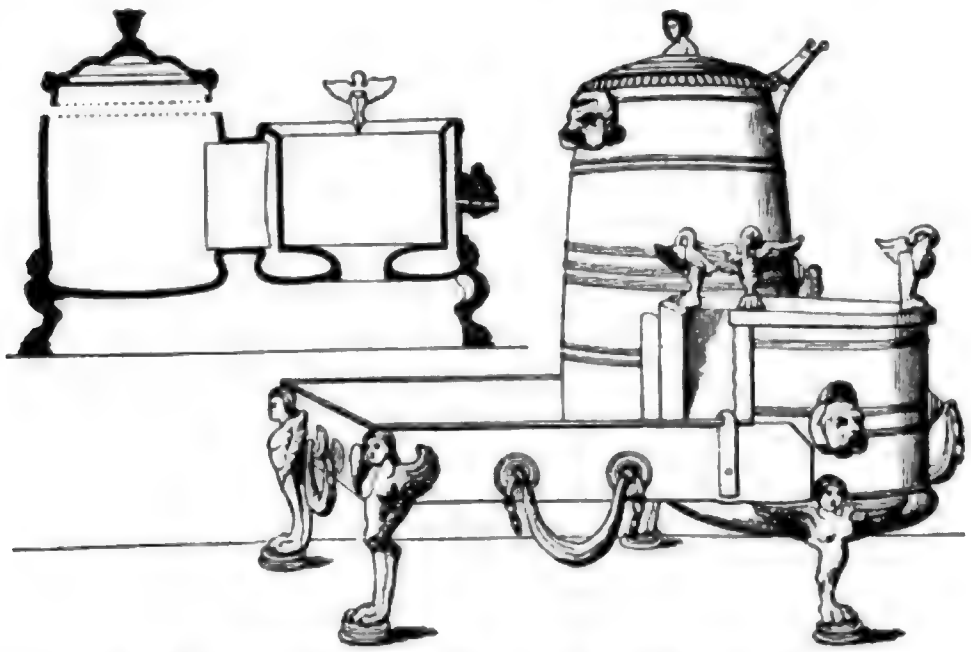


Abb. 336. Kohlenbeckenherd aus Pompeji. Ansicht und Durchschnitt.

heißem Wasser dienen. Auf seinem Rande sitzen drei Schwäne, auf die der zu erhitzende Kessel gestellt wird. Das entzündete Kohlenfeuer erhitzt also gleichzeitig das Wasser und den Inhalt des auf den Schwänen stehenden Gefäßes. Seine Hitze wird durch die Form der Feuerstelle, die von vorne her durch die senkrechte Öffnung im Halbrund leicht zugängig ist, zusammengehalten. Mit dem Wassergefäße, dessen heißes Wasser durch einen Hahn abgezapft werden kann, steht ein tonnenförmiger Behälter in Zusammenhang, der mit einem Klappdeckel verschlossen und in der Nähe des oberen Randes mit einer Öffnung in Maskenform versehen ist. Durch diese Anordnung erreicht man, daß durch das Kohlenfeuer ein noch größerer Vorrat von heißem Wasser

Digitized by Google

als der zwischen den Hohlwänden des Halbrunds befindliche geschaffen wird. Die am oberen Rande befindliche Öffnung gewährt dem Dampfe die Möglichkeit zu entweichen. Bei den zur Bereitung der „calda" dienenden Gefäßen (Abb. 337) ist im Innern des Raumes, der das zu erhitzende Gemenge aus Wein, Honig und Wasser aufnimmt, ein von außen her oder nach dem Öffnen des Deckels leicht zugängiges Bronzerohr angebracht, das mit glühenden Kohlen gefüllt wird, eine Einrichtung, die wir uns jetzt wieder, jedoch für die Kältetechnik zu eigen gemacht haben, gibt es doch Gefäße aus Glas, die genau den altpompejanischen gleichen, deren Röhre man aber mit Eis füllt.

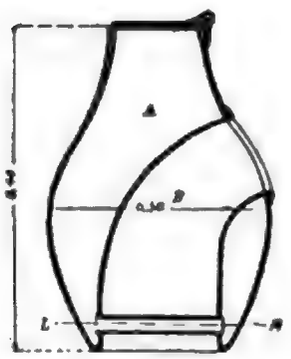


Abb. 337.
Gefäß zur Bereitung der „calda".
Raum A nimmt das Getränk auf; B Rohr, das mit glühenden Kohlen gefüllt wird; L M Metallröhren des Rostes, durch welches die in A befindliche Flüssigkeit zirkuliert. (Siehe auch Abb. 340 S. 259.)
Fundort: Pompeji.

Ofen.

Feststehende Öfen kannte man im Altertum nicht, hingegen gestaltete man das Kohlenbecken dadurch, daß man den Feuerraum allseitig schloß, zu einer Art von tragbarem Ofen aus. Ein solcher in Pompeji gefundener Ofen besteht aus einem mit Feuertür versehenen Metallzylinder, der auf drei Löwenfüßen steht. (Abb. 338.) Der Metallzylinder ist etwas oberhalb der Hälfte seiner Höhe mit einem Paar durch Löwenköpfe verkleideten Löwen versehen. Sie dienen zur Erzeugung des im Feuerraume nötigen Zuges. Oben ist ein kupferner Kessel eingelassen, so daß der Ofen sowohl zur Heizung wie zum Erhitzen von Wasser bestimmt gewesen sein dürfte. Die im Deutschen Museum zu München befindliche Rekonstruktion eines altgriechischen tragbaren Ofens, dessen Trümmer auf dem Meeresgrunde gefunden wurden, enthält eine durchlöcherte Feuerstelle, also einen Rost. (Abb. 339 S. 259.) Die Feuerstelle befindet sich im oberen Teile des Ofens, der darunter liegende Zylinder ist mehrfach durchlöchert, so daß von unten her genügend Luft in die Kohlen strömen kann. Er dient zugleich als Aschenkasten für die durch die Öffnung des Rostes hindurchfallende Asche. Technisch betrachtet liegt hier eigentlich ein Mittelding zwischen Kohlenbecken und Ofen vor. Der Rost tritt uns auch in einem pompejanischen Kessel entgegen (Abb. 340 S. 259), der gleichfalls zur Heizung und gleichzeitig zur Bereitung von heißem Wasser gedient haben dürfte, das allerdings, da am Wassergefäß kein Hahn angebracht ist, mit dem Schöpflöffel entnommen werden mußte. Hier ist der Heizraum kuppelförmig ausgebildet, so daß eine große Heizfläche gewonnen wird. Vorn ist die Feuertür, hinten eine kleine Öffnung, durch die die Feuergase entweichen. Sehr bemerkenswert ist, daß die Roststäbe hohl und röhrenförmig ausgestaltet wurden, so daß eine Kühlung durch das in ihnen befindliche Wasser stattfindet, das von beiden Seiten heraus dem unten ringförmigen Wasserraume zutritt. Hierdurch wird das bei festen Roststäben sehr häufige Durchbrennen verhütet. Derartige röhrenförmige Roststäbe finden sich noch an dem oben

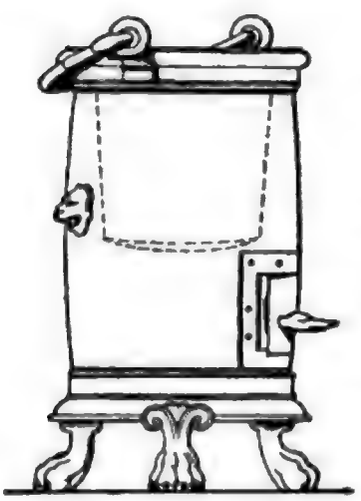


Abb. 338. Tragbarer Ofen aus Pompeji.

Digitized by Google

Auf der großen Kreisfläche konnte eine Anzahl von Gefäßen gleichzeitig aufgestellt werden, so daß der Ofen den Dienst eines größeren Wirtschaftsherdes versah. Gegenüber den bis jetzt gefundenen Feuerstellen und den Resten kunstlos zusammengesetzter Steinherde bedeutet er jedenfalls einen großen Fortschritt" (Dragendorff und Bodewig).

Die Erhitzung größerer Wassermassen.

Handelte es sich um die Erhitzung größerer Wassermassen, wie z. B. für Bäder, so wendete man eigenartige Einrichtungen an, von denen besonders die in Pompeji gut erhalten sind. Die Art und Weise ihrer Behandlung und Wirkung ist strittig. Wir lassen deshalb zunächst die gegenüberstehenden Meinungen folgen, um dann unsere auf Grund an Ort und Stelle gemachter Studien gewonnene Ansicht zu äußern. Es handelt sich um die Kesselkonstruktion zur Erwärmung des Wassers in den Badewannen im Caldarium des Frauenbades der Stabianerthermen zu Pompeji, worüber Jacobi schreibt (Abb. 342): „Der horizontal liegende Kessel, aus 7—8 mm starken Bronzeblechen vernietet, ist oben halbkreisförmig, unten über dem Feuerraume flach. Höhe im Querschnitt 0,53 m, Breite 0,76 m, bei einer Länge von 1,76 m. Das eine Ende des Kessels ist geschlossen, das andere offene Ende ist in die Stirnwand der 4,68 m langen, 1,96 m breiten und 0,62 m tiefen Wanne so eingeschlossen, daß der flache Boden des Kessels 0,17 m tiefer liegt als der Boden der Wanne. Auf diese Weise kann das Wasser der Wanne frei in dem Heizkessel zirkulieren."

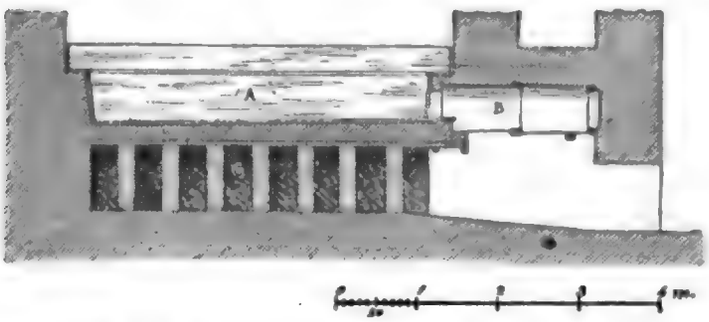


Abb. 342. Kessel zur Erwärmung des Wassers (im Caldarium des Frauenbades der Stabianerthermen zu Pompeji). A Wanne, B Kessel, D Feuerraum.

„Overbeck-Mau und mit diesem auch Jacobi sind der Meinung, daß die unter diesem Kessel streichenden Verbrennungsprodukte weiterhin unter der steinernen Wanne durchziehen, um sodann auch noch den hohlen Fußboden und die hohlen Wände und Decken des Caldariums und Tepidariums des Frauenbades zu beheizen" (Krell).

Gegen diese Ansicht macht nun Krell geltend, daß eine derartige Einrichtung das heute noch wie neu aussehende, mit weißem Marmor ausgefütterte Bassin der Wanne hätte zerstören müssen. Dann aber weist Krell bei anderer Gelegenheit darauf hin, daß eine Feuerung unter dem Fußboden in Pompeji überhaupt nicht stattfand, sondern daß es sich bei derartigen angeblichen Feuerungsanlagen lediglich um Einrichtungen zur Trockenlegung der Räume handelte. Endlich aber hätte die Heizung, um warmes Wasser zu bekommen, mindestens 24 Stunden vor der Badezeit einsetzen müssen. Krell ist der Ansicht, daß der Kessel durch einfaches Einschieben von glühenden Holzkohlen in den darunter befindlichen Feuerraum geheizt wird. Die Luft strömte vom Raum unter der Wanne und von dem Zwischenraum in den Wänden her gegen den Feuerraum zu. Sie wurde also zur besseren Trocknung

Digitized by Google

abgesaugt. Von hier aus strömte sie in die Feuerung des dicht danebenliegenden Hauptkessels, der wahrscheinlich mit Holz geheizt wurde.

Wir übergehen nun eine Anzahl weiterer strittiger Heizungen für Bäder, wie z. B. die Heizung für ein Einzelbad in der Villa Rustica von Boscoreale bei Pompeji, über die die Untersuchungen noch nicht abgeschlossen sind, so daß eine vollkommene Klarheit über die Art und Weise der Heizung bis jetzt nicht geschaffen werden konnte. Die Anführung der verschiedenen Hypothesen hat hier um so weniger Zweck, als auch das Studium an der Hand von Abbildungen keine endgültige Lösung zu bringen vermag, falls die Frage überhaupt noch lösbar ist, nachdem man bei den Ausgrabungen oft gar zu sorgfältig aufgeräumt hat (siehe unten). Ist eine solche Lösung möglich, so kann sie, wie wir sogleich ausführen werden, nur durch genaue chemische und mikroskopische Untersuchungen geschaffen werden, die vorerst noch nicht in genügendem Umfange vorgenommen werden konnten.

Über die Frage der Zentralheizungen.

Wir wenden uns also nunmehr den Zentralheizungen des Altertums zu, d. h. jener Art von Einrichtungen, bei denen von einer Feuerstelle aus mehrere Räume geheizt wurden, oder bei denen ihrer ganzen Ausgestaltung nach die Möglichkeit vorlag, von einer solchen Feuerstelle aus mehrere von ihr getrennte Räume zu beheizen. Wir werden diese Heizungen von dem Gesichtspunkt aus besprechen, unter dem man sie bisher betrachtete, bemerken jedoch, daß es sich auch hier um eine noch ungeklärte Frage handelt. Die Sachlage ist folgende: Bei vielen solchen Heizungen sind die angeblich zu heizenden Räume auf einem Hohlraum angebracht, der sich unter ihrem Fußboden hindurchzieht. Der Fußboden selbst wird von Säulen getragen, die aus Ziegeln hergestellt sind. Auch die Wände des Raums sind von Hohlräumen umgeben, die durch Verwendung von Hohlziegeln entstehen, aus denen man Kanäle herstellte. Überall stehen mit diesen Hohlräumen und Kanälen Feuerungen in Verbindung. Während nun die nicht technisch gebildeten Archäologen durchweg der Ansicht sind, daß es sich hier allüberall um Zentralheizungen handelt, hat neuerdings der Heizungstechniker Otto Krell sen. in sehr bemerkenswerten Ausführungen darauf hingewiesen, daß es sich bei derartigen Anlagen durchaus nicht immer um Heizungen handelt, wenigstens nicht bei Badeanlagen. Freilich gibt es solche Heizungen, sogenannte „Hypokaustenheizungen", und darunter gut erhaltene, die zweifellos als Zentralheizungen angesprochen werden müssen. Andere dieser Heizungen aber können nicht durch eine unterhalb des Fußbodens angebrachte Feuerung erhitzt worden sein. Vielfach sind nämlich die kleinen den Boden tragenden Säulen aus einem Material (Kalkstein und Kalkputz) hergestellt, das durchaus nicht feuerbeständig ist. Der auf diesen Säulen ruhende Boden ist oft so dick, daß er für das unter ihm angefachte Feuer ganz undurchdringlich wäre. Endlich müßten Spuren von Asche, Ruß usw. usw. vorhanden sein. Krell ist daher der Ansicht, daß es sich hier nicht um Heizungen, sondern um Einrichtungen handelt, die nur zur Trockenlegung der betreffenden Räumlichkeiten dienten. Der Verfasser hat selbst eine ganze Anzahl derartiger Anlagen zu Rom, Pompeji, Herculanum, Fiesole, auf der Saalburg, zu Trier, Badenweiler usw. usw. besucht und Einzelteile von ihnen in verschiedenen Museen sorgfältig in Berücksichtigung gezogen. Auf Grund dieser Studien möchte er noch darauf aufmerksam machen, daß ein unter den dicken Fußböden angezündetes Feuer wohl

Digitized by Google

vielfach auch das Springen dieser Böden hätte zur Folge haben müssen. Bei manchen derartig dicken Böden mit ihrer langsamen Wärmeübertragung läßt sich die Annahme nicht von der Hand weisen, daß durch die hohe Erhitzung auf der einen und die Abkühlung auf der anderen Seite unbedingt Spannungen von so hoher Intensität im Mauerwerk auftreten mußten oder konnten, daß ein Springen oder Zerreißen erfolgen mußte. Außerdem aber hätten sich, wie Krell richtig bemerkt, Spuren von Kohle, Ruß u. dgl. finden müssen. Auch der Verfasser konnte solche nicht entdecken, doch ist diesem Punkte seiner Ansicht nach wenig Bedeutung beizulegen. Man hat sich allgemein bemüht, die Anlage möglichst „sauber" wieder herzustellen und hat deshalb nur allzu gründlich ausgeräumt. Waren also Spuren der bezeichneten Art vorhanden, so sind sie sicher auf Nimmerwiedersehen entfernt und abgeputzt worden, ja, vielfach hat man die Ziegel usw., um ja eine recht schöne saubere Anlage zu erhalten, sogar abgekratzt oder auseinandergenommen, abgebeizt und dann wieder eingemauert. Auf Grund aller dieser Tatsachen möchte der Verfasser sein Urteil dahin zusammenfassen, daß es sich hier tatsächlich um eine Trockenlegung nach demselben System handeln kann, das man jetzt in Form von Isoliermauern anwendet, um Gebäude gegen die von außen kommende Feuchtigkeit zu schützen. Es wird eine doppelte Wandung hergestellt. Dadurch bzw. durch die in ihr befindliche oder durch sie hindurchstreichende Luft wird die Feuchtigkeit am Durchdringen der Grundmauern verhindert bzw. abgeführt. Zum Zwecke des Abführens kann, wie dies an dem obigen Beispiele der Stabianerthermen gezeigt wurde, eine Feuerung dienen, gegen die die Luft zuströmt. Keinesfalls sind die Ansichten Krells so ohne weiteres abzulehnen, wie dies von mancher Seite (Anthes, Brauweiler usw.) geschehen ist. Fusch, der die Frage gleichfalls aufs genaueste untersuchte, ist der Ansicht, daß die ursprünglich nur zum Heizen von Wannen dienende Hypokaustenheizung als Zentralheizung für Bäder und Villen angewandt wurde. Um völlige Gewißheit zu erlangen, müßte man nach Ansicht des Verfassers jedoch noch chemische und mikroskopische Untersuchungen darüber anstellen, ob sich im Innern der Poren der so glänzend gesäuberten Ziegel und Steine Reste finden, die von einem Holzkohlenfeuer herrühren. Als solche Reste kämen Kohlenteilchen und gewisse, der Umwandlung nicht ausgesetzte Destillationsprodukte des Holzes, wie z. B. Kreosot in Betracht. Über eingehende Untersuchungen dieser Art hofft der Verfasser bald berichten zu können.

Hypokaustenheizung.

Betrachten wir nun, von der vorstehenden Streitfrage abgesehen, die einzelnen Arten der römischen Zentralheizungen — außer bei den Römern finden sich derartige Heizungen nicht —, so ist als älteste von ihnen ohne Zweifel die eben erwähnte Hypokaustenheizung anzusehen, als deren Erfinder C. Sergius Orata bezeichnet wird. Der Name „Hypocaustum" rührt von Vitruv her, der diese Art von Heizungen eingehend, allerdings in Verbindung mit Bäderanlagen, beschreibt (V 10), eine Beschreibung, auf deren angebliche Mängel Krell ausführlich eingeht. Die Hypokaustenheizung besteht aus einem unter dem Fußboden des zu heizenden Raumes befindlichen Hohlraume, der sich meist unter dessen ganzer Länge und Breite hinzieht. Der Fußboden liegt 80—100 cm über dem Grundboden und wird von Säulen getragen, die aus Ziegeln aufgemauert sind. Die Säulen tragen oben ein Kapitell

Digitized by Google

Beſchreibung der Hypokauſtenheizung der Saalburg) annimmt, dazu diente, Reinigungen, vielleicht auch Reparaturen vorzunehmen, muß vielleicht zweifelhaft erſcheinen. Jedenfalls mußte ſich jemand, der zu dieſem Zwecke hinabſtieg, infolge der geringen Höhe des Raumes (74 cm) zwiſchen den Pfeilern kriechend in ſehr unbequemer Stellung fortbewegen. An dem Kanal zwiſchen dem Heizraum und dem unter dem Fußboden liegenden Hohlraum befinden ſich zuweilen

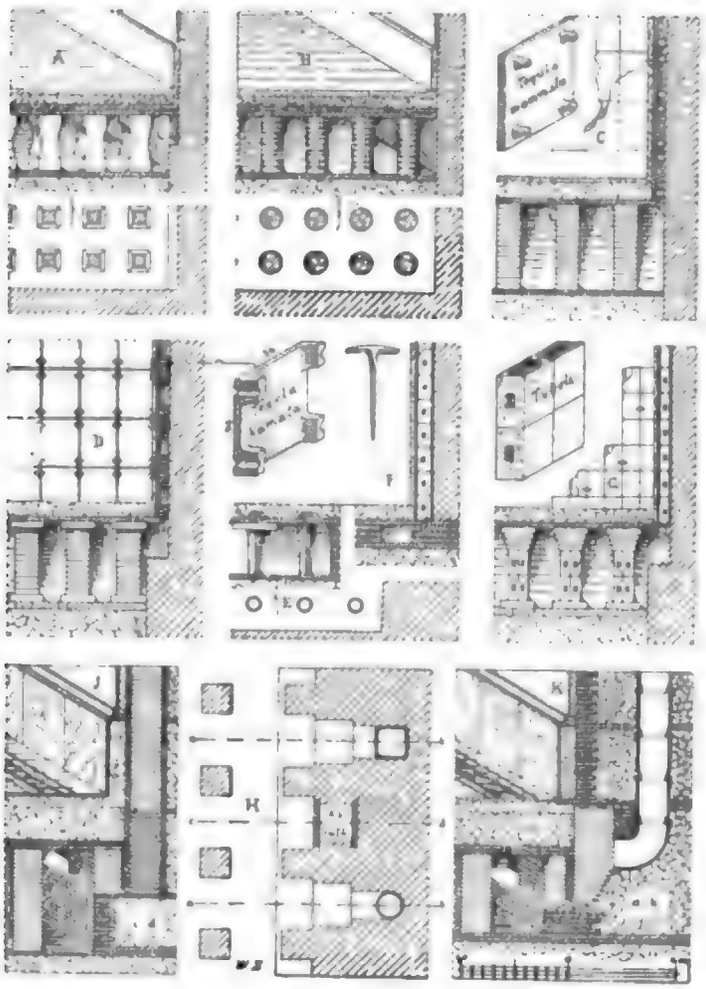


Abb. 346. Einzelheiten von der Konſtruktion der Hypokauſten und der tubullierten Wände.

A. Pfeiler in Hauſtein, die in der Mitte verjüngt ſind, um eine weitere Durchzugsöffnung für die Verbrennungsgaſe zu ſchaffen. Als unterſter Teil des Fußbodens eine doppelte Lage von Plattenziegeln. B. Runde Ziegelpfeiler. Als unterſter Teil des Fußbodens eine doppelte Lage von Plattenziegeln. C. Pfeiler aus Ziegeln, darüber als unterſter Teil des Fußbodens eine einfache Schicht großer Plattenziegel. In den Wänden tegulae mammatae (Warzenziegel). D. Ziegelpfeiler, die oben mit einer größeren Platte bedeckt ſind, um eine gleichmäßige Aufnahme und Verteilung des Druckes des darüberliegenden Fußbodens herbeizuführen. Die Pfeiler haben ein Kapitell, hergeſtellt durch mittels Platten gewonnener Auskragung, auf dem der Fußboden aufruht. Als unterſter Teil des Fußbodens eine einfache Schicht großer Plattenziegel. In den Wänden tegulae hamatae (Hakenziegel). E. Pfeiler hergeſtellt aus je zwei Hohl- oder Firſtziegeln. Darüber eine Platte, um eine größere Auflagefläche des Fußbodens zu erzielen. F. Unterſter Teil des Fußbodens, umgekehrte Dachziegel mit der flachen Seite nach unten gelegt. Oben rechts von der zu D gehörigen tegula hamata ein Nagel, wie ſie zur Befeſtigung der tegulae benutzt wurden. Unter dem Fußboden an der Wand entlang ein in die ſenkrecht nach oben führenden tubuli-Kanäle der Wand mündender horizontaler Heizkanal, um eine beſſere Ausnützung der Wärme der Heizgaſe zu erzielen. G. „Tubuli"-Pfeiler. Als unterſter Teil des Fußbodens eine einfache Schicht großer Plattenziegel. In den Wänden tubuli, durch deren Seitenlöcher die Ausbreitung der Hitze ſtattfindet. H I K. Anordnung von Abluftkanälen und Schornſteinen: Abluftkanäle ſind von den Schornſteinen in der Regel dadurch zu unterſcheiden, daß ſie keine Rußſpuren aufweiſen. Bei I und J als unterſter Teil des Fußbodens eine doppelte Lage von Plattenziegeln.

Seitenkanäle, die dazu dienten, die oft zu heiße Luft mit von außen her zuſtrömender Friſchluft zu vermiſchen, ehe ſie durch die Öffnungen im Fußboden in den Raum eintrat.

Es iſt unmöglich, die zahlreichen Hypokauſtenheizungen einzeln zu beſchreiben, die im Laufe der Zeiten in allen Teilen der Welt, in denen ſich römiſche Niederlaſſungen befanden, ſowie im alten römiſchen Reiche ſelbſt aufgedeckt wurden. An manchen Orten, wie z. B. auf der Saalburg und in Trier, in Pompeji und Herculanum, fand ſich ſogar eine ganze Anzahl von derartigen Hypokauſtenheizungen. Die von allen am beſten erhaltene iſt wohl jene, die auf der Saalburg, und zwar in der vor der porta

dersammlung beschränken sogenannten „Augsburgischen Meisterstiftung", ausgegangene wurde. Über gelben beschränkt sich nun Derselbe aufgenommenen Stadtbibliothek (Bibl. 547 und 548) bisher besitzen konnte. Den (Bibl. 589) und Tiefer der Bestimmung nach Jacobi- wieder, aus denen Nutzennamen hat sich eine gute Bestellungen von der geringen Anzahl Blätter.

Den vom Bau 1,30 m abgedruckt, liegt der 1,30 m auf 1,40 m großen und dicken Karl in den Bau versetzte Dornauer (Frankfurter), in dem zwei 27 cm hohe Stahlstäben. Augenblicke 400 bei 340 bis Zentimeter, 36 cm breit und 30 cm hoch. (Bibl. 340.)

Nach seinem Gewichte belegen zwei elfjährige ausgewachsene buchdruckerlustige Gemeinnutzen, deren eine noch angehalten den Schalenbau liegt und mit großen Buchstaben und Ziffer Abdruck ist. Die beiden Bauern, den der Setzer merken auch „Kraft" (den

Bibl. 340. Ein Kupferstichsammlung bei „Augsburgischen Meisterstiftung" auf der Stadtbibliothek.
Der Gedenkstein ist 36 Zentimeter im Jahre und Bibl. 340 und 340 bezeichnet. Die Stahlstäben ist 36 Zentimeter im Jahre und Bibl. 340 und 340 bezeichnet.

Bibl. 340. Ein Kupferstichsammlung bei „Augsburgischen Meisterstiftung" auf der Stadtbibliothek.
Die Stahlstäben ist 36 Zentimeter im Jahre und Bibl. 340 und 340 bezeichnet.

„Kinder" s. D.) zweier, neuen Bestandteilen Stadtbibliothek Bibliothek Bibliothek B

liegenden Rauchabzügen. Das eigentliche Hypokaustum besteht aus 6 × 8 Pfeilern von 74 cm Höhe. Die merkwürdigsten Pfeiler sind die, welche am nördlichen Ende (mit m bezeichnet) in einer Gruppe von neun Stück stehen. Sie wurden scheinbar als Ersatz für regelrechte Ziegelpfeiler aus aufrecht stehenden Heizröhren zusammengestellt. Sie sind mit Backsteinbrocken und Mörtel ausgefüllt und außer durch Fuß- und Kopfplatte noch durch einige Ziegel erhöht, um das gleiche Niveau mit den anderen zu bekommen. Von Pfeiler zu Pfeiler, die etwa 25—35 cm weit auseinanderstehen, liegen 50—60 cm große und 5 cm dicke Ziegelplatten. Ihre Oberfläche ist meist mit Riefelungen versehen, um dem

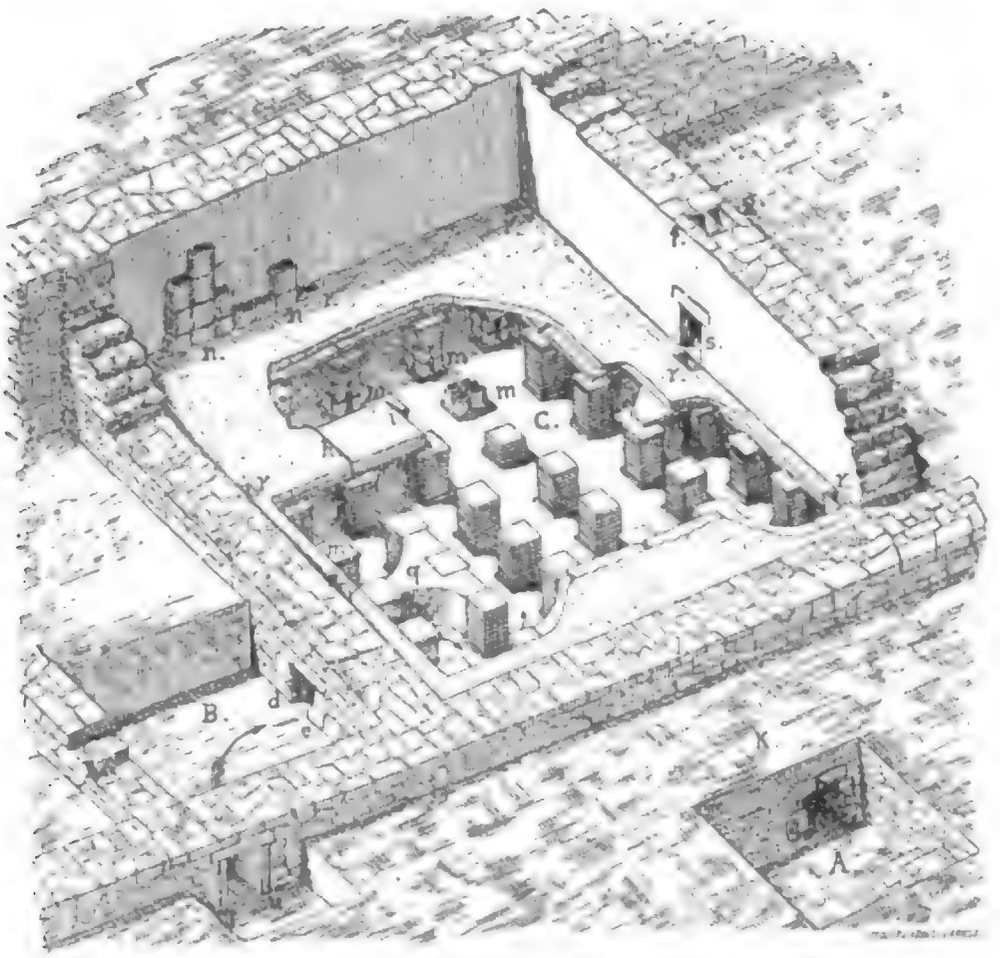


Abb. 349. Plan der Hypokaustenheizung auf der Saalburg.
A Präfurnium, a b c Feuerloch, K I Heizraum, r Ausströmöffnungen für die heißen Gase, f g Ventilationsschacht, n Rauchabzug, u B d e Ventilation.

Estrich, der hier 15 cm stark ist, einen festen Halt zu geben. Er überzieht den ganzen Boden und hat nur bei h i ein 50 × 50 cm großes Einsteigeloch, in dem eine ebenso große Sandsteinplatte lag, welche in der Mitte mit einem Loche für einen Knebel mit Seil zum Aufheben versehen war. Diese Einsteigöffnung hatte sicherlich nur den Zweck, Reinigungen, vielleicht auch Reparaturen, bequemer vornehmen zu können. Die Platte wurde nach Beendigung derselben wieder eingesetzt und mit Lehm oder Mörtel verschmiert.

Rings um den Heizraum zieht ein Kanal, der wegen des Vorsprungs am Mauersockel einen anderen Querschnitt hat als die Zwischenräume der Pfeiler. Aus ihm

Digitized by Google

steigen sieben mit Ziegeln umkleidete Röhren auf, von denen fünf einen Querschnitt von 14 × 14 cm und die zwei in den hintern Ecken einen solchen von 14 × 24 cm haben. Diese Kacheln standen nur wenig über der Estrichoberfläche hervor, und die heißen Gase konnten durch deren Öffnungen unmittelbar in den Wohnraum einströmen. Der in die Wand eingebaute, oben schon als Kamin erwähnte Schacht ist durch eine Zunge in zwei Abteilungen getrennt und noch einen Meter hoch in der Mauer erhalten; er scheint durch diese bis nach dem Dach oder über dasselbe hinausgeführt gewesen zu sein. Als Rauchabzugskanal kann dieser Kamin kaum gedient haben; dazu waren die vor der hinteren Wand nebeneinander aufgesetzten sechs Kacheln bestimmt, die auch folgerichtig der Einfeuerung gegenüberstehen. Der besagte aufsteigende, gekuppelte Kamin aber, der direkt über dem Boden eine Öffnung hat, kann meines Erachtens nur den Zweck gehabt haben, einerseits die am Boden niedergegangene schlechte, andererseits bei einer etwaigen Überheizung des Bodens die verbrauchte Luft aufzusaugen und den Raum zu ventilieren."

Wie verschiedenartig in bezug auf die Größe derartige Heizungen waren, ergibt sich aus einem Vergleiche der eben beschriebenen Hypokaustenheizung der Saalburg mit der Heizung der Thermen zu Trier, wo das praefurnium allein eine Höhe von 2,50 m hat und einen langen Gang darstellt, in dem die verschiedenen Heizkammern lagen. Inwieweit sich die Hypokaustenheizung bewährte, läßt sich trotz der eingehenden mathematischen Berechnungen, die Krell auf Grund der heutigen Theorie der Feuerungsanlagen über ihre Leistung macht, doch nicht sagen, da diese Berechnungen sich nur auf einen speziellen Fall beziehen, und da sich ein Überblick nur bei vergleichenden Berechnungen über verschiedene Typen derartiger Heizungen ergeben könnte. Aber auch hier hätte die Berechnung mit Schwierigkeiten zu kämpfen. Es sind zu wenig derartiger Heizanlagen so vollkommen erhalten, daß sich alle Berechnungsfehler ausscheiden lassen. Es ist nicht bekannt, ob nicht Beziehungen zwischen dem jeweils verwendeten Heizmaterial und der Größe der Anlage bestanden, des weiteren weiß man im Falle des Bestehens solcher Beziehungen nicht, welches Heizmaterial jeweils verwendet wurde, wie groß sein Wärmewert war usw. usw. Den Römern scheinen derartige Heizungen großes Behagen bereitet zu haben, sonst hätten sie sie nicht allüberall, insbesondere nicht in den besseren Wohnhäusern und Villen der Reichen, verwendet. Andererseits müssen mit dem Gebrauche der Hypokaustenheizungen doch auch wieder gewisse Unannehmlichkeiten verbunden gewesen sein. Darauf läßt der Umstand schließen, daß sie, die schon vor Beginn unserer Zeitrechnung bei den Römern in so ausgedehntem Gebrauche standen, etwa im 9. Jahrhundert n. Chr. vollkommen verschwinden. Sie wurden vom Mittelalter nicht übernommen, trotzdem dieses eigentlich über keine sehr guten Heizeinrichtungen verfügte. Die Frage nach dem Werte der Hypokaustenheizung muß also vorerst eine offene bleiben, und es erscheint nach den eben gemachten Darlegungen überhaupt zweifelhaft, ob sie, falls nicht neue Ausgrabungen neues Material zutage fördern, überhaupt jemals ihre Lösung finden wird.

Die Kanalheizung.

Eine zweite Art der bei den Römern gebrauchten Heizungen ist die Kanalheizung. Bei ihr führt unter dem Fußboden des zu heizenden Raumes ein Kanal entlang, an dem sich vorne der Heizraum befindet. Der Kanal, der bei manchen Hei-

zungen schwach ansteigt, wendet sich am Ende des Fußbodens senkrecht nach oben und führt in der Wand als Rauchrohr nach außen. (Abb. 350.) Sehr oft, wie z. B. im Grenzturme der Saalburg, sind mehrere Kanäle angebracht, die den Fußboden in diagonaler Richtung durchziehen, und deren Schnittpunkt mit der Heizung durch einen Zuführungskanal verbunden ist. Die heißen, aus der Heizung kommenden Gase strömen also zunächst durch diesen Kanal nach der Mitte des Fußbodens und verteilen sich von hier aus in diagonaler Richtung nach den vier Ecken. (Abb. 351 u. 352.) In den beiden, dem praefurnium entgegengesetzten Ecken der Heizung des Grenzturms auf der Saalburg sind jetzt noch Öffnungen vorhanden, vermutlich waren auch in den beiden anderen Ecken derartige Schornsteine angebracht. Die Kanalheizung muß in der Weise, wie sie die Römer ausführten, als eine vom technischen Standpunkt aus wenig wirtschaftliche und auch unpraktische Heizung bezeichnet werden, da die

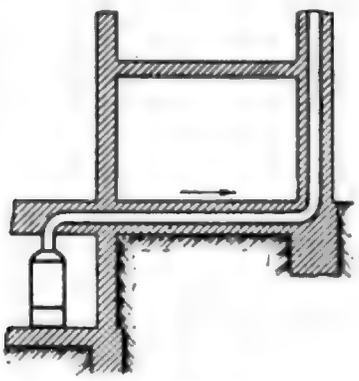


Abb. 350. Kanalheizung.

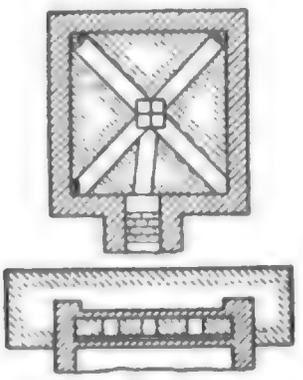


Abb. 351 u. 352. Die Kanalheizung im Grenzturm der Saalburg. (Querschnitt und Grundriß.)

Wärme nur von der Decke des Kanals aus in den zu beheizenden Raum gelangte. Alle Wärme, die von den Boden- und Seitenflächen dieses Kanals ausgestrahlt oder abgeleitet wurde, ging für den Heizzweck vollkommen verloren, so daß also der Brennwert des Brennmaterials nur in sehr geringem Maße ausgenützt wurde. Welches Heizmaterial man hier verwendete, ist ebenso unbekannt wie bei den Hypokaustenheizungen. Während Jacobi eine Feuerung mit Holzkohlen annimmt, behauptete Krell, daß auch mit Holz geheizt werden konnte. Dem Verfasser gelang es nicht, sich durch Berechnungen, die unter Zugrundelegung des Heizwertes verschiedener Holzsorten und der Holzkohle sowie der Größe der Feuerung usw. usw. ausgeführt wurden, Klarheit über diesen Punkt zu schaffen.

Auf der Saalburg finden sich dann noch Einrichtungen der Bodenheizung, die als eine Kombination von Hypokausten- mit Kanalheizung angesprochen werden müssen. Jacobi beschreibt sie folgendermaßen (Abb. 353 S. 269):

„In der Mitte des heizbaren Zimmers liegt ein 2 m im Quadrat großer und 70 cm tiefer Raum (Pfeilerhypokaustum), in welchen der Feuerzug M mündet, und von dem sieben Heizkanäle (n—t) strahlenförmig ausgehen. Die fünf vorwärtslaufenden Züge enden jeder in einer in die Mauer eingelassenen Heizröhre (e—i), während die beiden rückläufigen in den Ecken rechts und links mit senkrecht stehenden Heizkacheln (K 1) verbunden sind, welche vor die Mauern hervortragen und mit dem Fußboden aufhören. Die fünf Röhren waren zweifellos in den Wänden nach oben fortgesetzt und führten den Rauch ab; sie dienten aber zugleich auch zur Heizung des

Zimmers, das ſie vermöge ihrer dünnen Wandungen raſch erwärmten. Die Einfeuerung geſchah durch das Schürloch (S), das mit Baſalt eingefaßt iſt. Die Bodenkanäle ſind nur mit Ziegelplatten und dünnem Eſtrich bedeckt. Nachdem das Feuer erloſchen war, konnten die beiden nach dem Zimmer hin ſich öffnenden und mit Schiebern verſchloſſenen Kacheln (K 1) in Tätigkeit treten und die im Pfeilerhypokauſtum (a—d) und in den Bodenkanälen angeſammelte Wärme direkt nach dem Gemache führen. Kalte friſche Luft konnte dazu von dem zu öffnenden Schürloch oder ſelbſt durch die mittlerweile vom Rauche befreiten Kamine eintreten."

Derartige aus Hypokauſten und Kanalheizung zuſammengeſetzte Heizungen finden ſich übrigens außer auf der Saalburg auch noch an verſchiedenen anderen römi-

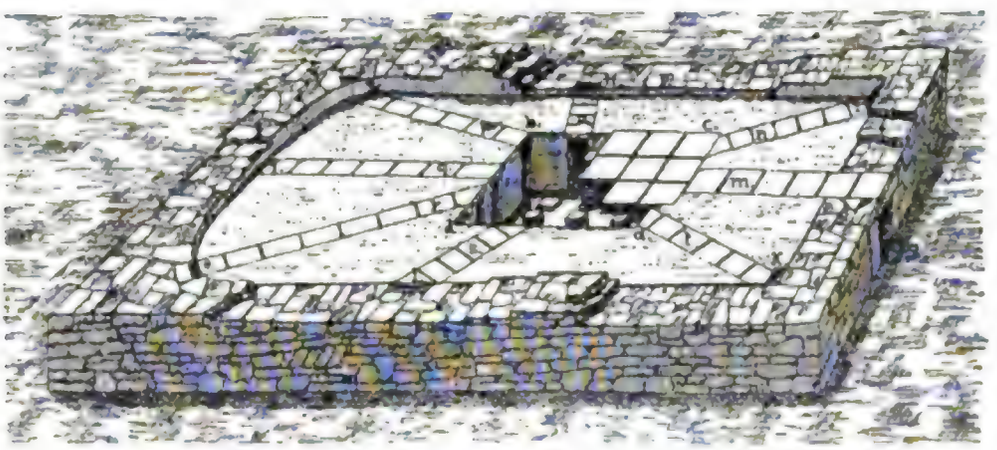


Abb. 353. Kombinierte Hypokauſten- und Kanalheizung. Saalburg.

ſchen Niederlaſſungen. Sie gewähren gegenüber den Kanalheizungen den Vorteil, daß infolge der in ihnen herrſchenden Luftzirkulation die Wärme des Bodens und der Seitenwände der Heizkanäle nicht vollſtändig verloren geht. Sie wird zum Teil von der an dieſen entlangſteigenden Luft aufgenommen und durch ſie an den zu beheizenden Raum abgegeben. Ein weſentlicher Fehler, der gewiß auch den Kanalheizungen anhaftete, beſteht darin, daß die über den Kanälen befindlichen Stellen des Fußbodens ſicherlich ſehr heiß geweſen ſind, ſo daß man ſie unter Umſtänden überhaupt nicht betreten konnte. Soweit es ſich bis jetzt überblicken läßt, wurden deshalb auch alle beſſeren Häuſer mit der beträchtlich koſtſpieligeren Hypokauſtenheizung ausgeſtattet, die den großen Vorteil einer gleichmäßigen Erwärmung des ganzen Fußbodens und einer Regelung ſeiner Temperatur darbot.

Literatur zum Abschnitt: „Feuerzeuge, Beleuchtung und Heizung".

Adler, Der Pharos von Alexandria. Berlin 1901.

Allard, Les Phares; histoire, construction, éclairage. Paris 1889.

Anonymus, Antike Röhrenkessel. Prometheus 1897. S. 501.

Anthes, Zum Kapitel von den römischen Heizungen. Korrespondenzblatt des Gesamtvereins der deutschen Geschichts- und Altertumsvereine. 1903, Nr. 5.

Badermann, Die Schornsteinheizungen der alten Römer. Prometheus 1916, S. 532.

Baumeister, Denkmäler des klassischen Altertums. München 1884—1888.

Beck, Die Geschichte des Eisens. Braunschweig 1891.

Berger, Moderne und antike Heizungs- und Ventilationsmethoden. Hamburg 1870.

Berthelot, Sur une lampe préhistorique trouvée dans la grotte de la Mouthe. Comptes Rendus 1901, S. 166.

Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Band III, Leipzig 1884, Band II, Leipzig 1879.

Bodewig, Ein Ofen der La-Tène-Zeit. Mitt. d. Ver. für nassauische Altertumskunde und Geschichtsforschung 1904/05, S. 114ff.

Böhm, Die Entwicklung der Feuerzeuge. Zeitschr. d. Ver. der Gas- und Wasserfachmänner in Österreich-Ungarn 1911, S. 15—20 und S. 40—47.

Brauweiler, Die Thermen zu Trier und ihre Heizung. 1904.

Buchner, Acht Vorträge aus der Gesundheitslehre. Leipzig 1903.

Cohausen, Der römische Grenzwall in Deutschland. Wiesbaden 1884.

Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.

Dragendorff, Okkupation Germaniens durch die Römer. Bericht über die Fortschritte der Römisch-germanischen Forschung im Jahre 1905. Frankfurt a. M. 1906.

Engelmann, Pompeji. Leipzig 1898.

Fanderlik, Elemente der Lüftung und Heizung. Wien 1898.

Fiala, Beiträge zur römischen Archäologie der Herzegowina. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitt. aus Bosnien und der Herzegowina. 1897. Wien 1897.

Fischer, Die chemische Technologie der Brennstoffe, Bd. I, S. 456. Braunschweig 1897.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888 bis 1890.

Fusch, Über Hypokaustenheizungen und mittelalterliche Heizungsanlagen. Hannover 1910.

Gärtner, Leitfaden der Hygiene. Berlin 1899.

Geitel, Die Entwicklung der Leuchtfeuer. Polytechn. Zentralblatt 1899/1900, S. 235ff.

Heiberg, Studien über Euklid. Leipzig 1882.

Hennig, Zur Geschichte der Leuchttürme im frühen Mittelalter. Prometheus 1915, S. 241.

— Beiträge zur älteren Geschichte der Leuchttürme. Jahrbuch des Vereins deutscher Ingenieure 1914/15, S. 35ff.

Herding, Beleuchtung und Heizung. Leipzig 1908.

Herodot, 2. Buch, 62.

Jacobi, Das Römerkastell Saalburg. Homburg 1897.

— Führer durch das Römerkastell Saalburg. Homburg 1908.

— Über Schornsteinanlagen und eine Badeeinrichtung der Stabianerthermen in Pompeji. Nachtrag zu Duhn und Jacobi, Der griechische Tempel zu Pompeji. Heidelberg 1890.

Kellner, Römische Baureste in Ilidze bei Sarajevo. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1897. Wien 1897.

Krell, Altrömische Heizungen. München und Berlin 1901.

Kurzer Führer durch das Provinzialmuseum in Trier. 1911.

Layard, Nineveh und Babylon. Übersetzt von Zenker. Leipzig.

Digitized by Google

Lewin Dorsch, Die Technik in der Urzeit und auf primitiven Kulturstufen. Das Feuer. Der Wohnungsbau. Stuttgart 1912.
v. Lippmann, Kohlenoxydgasvergiftungen bei den alten Römern. Chemiker-Zeitung 1909, S. 633.
Mansch, Das Feuerzeug. Welt der Technik 1906, S. 386.
Marquardt-Mau, Das Privatleben der Römer. Leipzig 1886.
Merckel, Die Ingenieurkunst im Altertum. Berlin 1899.
Miller, Die Beleuchtung im Altertum. Würzburg 1886.
Motz, Über den Metallarbeiter der heroischen Zeit. Meiningen 1868.
Milone, Due caldaie pompejane. 1896.
Neuburger, Das Feuer als Hilfsmittel in Haus und Gewerbe. In Kraemer, Der Mensch und die Erde. Band VII, S. 181ff.
— Die Römerschanze. Zu den Ausgrabungen in Nedlitz. Berliner Morgenpost, 22. Oktober 1911.
— Über das Kohlenoxydgas (Friedrich Hoffmann über das Kohlenoxydgas). Leipzig 1912.
Niemann, Die Anfänge der Straßenbeleuchtung. Licht und Lampe 1913. (Nummer vom 27. Februar.)
— Die Entwicklung der Beleuchtung. In Kraemer, Der Mensch und die Erde. Band VII, S. 385ff.
— und Du Bois, Feuererfindung u. Feuererzeugung. In Kraemer, Der Mensch und die Erde. Band VII, S. 157ff.
— — Zur Entwicklung des Beleuchtungswesens. Journal f. Gasbeleuchtung 1907, S. 1123ff.
Nissen, Pompejanische Studien zur Städtekunde des Altertums. Leipzig 1877.
Noack, Die Baukunst des Altertums. Berlin.
Orschiedt, Die Heizung im Altertum. Blätter für das bayerische Realschulwesen. 1885. S. 221.
Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken. Leipzig 1884.
Overbeck-Mau, Pompeji. Leipzig 1884.
Patsch, Archäologisch-epigraphische Untersuchungen zur Geschichte der römischen Provinz Dalmatien. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1897. Wien 1897.
Pland, Die Feuerzeuge der Griechen und Römer. Stuttgart 1884.
Prausnitz, Grundzüge der Hygiene. München 1897.
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Chemnitz 1896.
Radimsky, Die Nekropole von Jezerine. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitt. aus Bosnien und der Herzegowina 1901. Wien 1901.
— Die vorgeschichtlichen und römischen Altertümer des Bezirkes Zpanjak in Bosnien. Sonderabdruck aus Wissenschaftliche Mitteilungen aus Bosnien und der Herzegowina 1901. Wien 1901.
Reber, Des Vitruvius zehn Bücher über die Architektur. Stuttgart 1865.
Rößler, Die Bäder der Grenzkastelle. Westdeutsche Zeitschr., Jahrg. IX, S. 260.
Schleyer, Bäder und Badeanstalten. Leipzig 1909.
Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner. Leipzig 1881.
— Tiryns. Der prähistorische Palast der Könige von Tiryns. Leipzig 1886.
Schmidt, Wilhelm, Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater. Leipzig 1899.
Schröder, Die geschichtliche Entwicklung der Zentralheizung vom Altertume bis zur Gegenwart. Technisches Gemeindeblatt 1910, S. 249ff.
Schultze, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland und das Limeskastell Saalburg. Gütersloh 1906.
Söllner, Die hygienischen Anschauungen des römischen Architekten Vitruvius. Jenaer medizinisch-historische Beiträge 1913, Heft 4.
Stephani, Der älteste deutsche Wohnbau und seine Einrichtung. Band I. Leipzig 1902.
Thiersch, Pharos, Antike, Islam und Okzident. Leipzig und Berlin 1909.
Veitmeyer, Leuchtfeuer und Leuchtapparate. München 1900.
Vetter, Über die Zentralheizungen älterer Zeit. Vortrag, geh. auf dem 8. Kongreß für Heizung und Lüftung zu Dresden im Juni 1911.
— Zur Geschichte der Zentralheizungen bis zum Übergang in die Neuzeit. Jahrb. des Vereins Deutscher Ingenieure 1911, S. 276ff.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.
Winckelmann, Sämtliche Werke. Band II. Dresden und Stuttgart 1830—1847.
Wolff, Römische Villa in Praunheim (bei Heddernheim). Mitt. üb. römische Funde in Heddernheim. Heft IV. Frankfurt a. M. 1907.

Städtebau.

Gründe der Notwendigkeit und Zweckmäßigkeit waren es, die den Menschen veranlaßten, größere Gemeinwesen, Städte, zu gründen. Wie uralt der Städtebau ist, mag man daraus erkennen, daß es bereits vier Jahrtausende vor unserer Zeitrechnung Städte von riesiger Größe gab: Die Mauern Babylons umschlossen eine Grundfläche, die doppelt so groß war als die des heutigen London. Auch die übrigen Städte des Altertums erreichten eine zum Teil beträchtliche Ausdehnung. Wenn auch ihre Bevölkerungszahl die der heutigen Weltstädte im allgemeinen nicht erreichte, so kam sie doch der unserer jetzigen größeren Städte gleich oder nahe. So hatte Athen zu seiner Blütezeit etwa 250000 Einwohner, Jerusalem etwa 500000, Karthago und Alexandria zählten während ihres höchsten Aufschwungs ungefähr 750000 und Rom mindestens ein und einhalb Millionen Einwohner. Wie man sieht, gibt es auch gegenwärtig nur verhältnismäßig wenige Städte, die das auf der höchsten Blüte seiner Entwicklung stehende Rom in bezug auf Bevölkerungszahl übertreffen. Mit Recht kann man auch im Altertum von „Großstädten" sprechen, die sich nur auf der Grundlage einer gründlich durchgebildeten Technik des Städtebaues entwickeln konnten.

Die Anlage der Städte.

Ihrer technischen Anlage nach lassen sich die Städte des Altertums in zwei große Gruppen einteilen: in die bodenwüchsigen und in die nach einem bestimmten Plane gebauten Städte. Die bodenwüchsigen Städte sind durch den natürlichen Zusammenschluß der einheimischen Bevölkerung entstanden. Um Feinde besser abwehren zu können, oder um den Austausch von Gütern zu vereinfachen, baute man sich in zunächst kleineren, dann aber immer mehr wachsenden Gemeinwesen an. Jeder errichtete sein Haus da, wo es ihm gut dünkte oder zweckmäßig erschien. Infolgedessen fehlt den bodenwüchsigen Städten jede planmäßige Anlage; ihre Straßen sind eng und krumm und laufen regellos durcheinander. Den Gegensatz zu ihnen bildet die nach einem Plan angelegte Stadt, die in der Regel dem Willen eines Herrschers ihr Dasein verdankt. Dieser bestimmt, daß an der einen oder anderen ihm günstig erscheinenden Stelle eine neue Stadt erstehen soll. Dann kommt der Stadtbaumeister und macht einen Plan, nach dem die Stadt angelegt wird. Wie alt derartige Stadtpläne sind, mag man daraus ersehen, daß sich auf einer angeblichen Gudiastatue ein wahrscheinlich aus der Zeit um 3100 v. Chr. stammender Plan einer Befestigungsanlage befindet[1]). Die nach Plänen erstehende Stadt zeigt breite und gerade, meist im rechten Winkel sich schneidende Straßen, sie läßt eine zielbewußte Anlage der Märkte und öffentlichen

[1]) Siehe Abb. 365 S. 288.

Plätze erkennen. Manchmal geht die bodenwüchsige Stadt bei ihrer im Laufe der Zeiten stattfindenden Erweiterung in eine planmäßig angelegte über. Dann zeigen die älteren inneren Viertel alle Merkmale des bodenwüchsigen Ursprungs, während die neueren, äußeren, die Gestalt der nach einem Plan erbauten aufweisen. Athen und Rom gehören zu den autochthonen Städten, während die Ägypter bereits 1400 v. Chr. die Stadt Heliopolis nach einem bestimmten Plan anlegten. Schon vorher aber, etwa 2000 v. Chr., scheinen sie bei Kahun in der Nähe des Mörisees eine nach einem ähnlichen Plan angelegte Stadt gegründet zu haben, deren Reste vor einiger Zeit ausgegraben wurden. In Italien dürfte der Bau von Planstädten etwa im 6. Jahrhundert v. Chr. begonnen haben, wo die Etrusker beim heutigen Marzabatto in der Nähe von Bologna eine regelmäßig angelegte Stadt erbauten.

Die ältesten planmäßig angelegten Städte finden wir, wie schon angedeutet, in Mesopotamien. Ob nun der ursprünglichen Stadtanlage Babylons ein Plan zugrunde lag, mag dahingestellt bleiben. Jedenfalls aber erfolgte der spätere Ausbau nach streng planmäßigen Grundlagen, wie die Beschreibung Herodots (I 178—181ff.) deutlich erkennen läßt:

„Und diese Stadt ist also beschaffen: Sie liegt in einer großen Ebene und ist ein Viereck, und jegliche Seite desselben beträgt 120 Stadien (22,5 km), das macht im ganzen ein Umkreis von 480 Stadien (90 km). Erstlich läuft ein Graben herum, der ist tief und breit und voll Wasser; dann eine Mauer, die ist 50 königliche Ellen breit und 200 Ellen hoch . . . Auf diese Weise bauten sie erst den Grabenrand und sodann die Mauer auf dieselbe Weise. Und oben auf der Mauer an dem Rande bauten sie Türme, aus einem einzigen Raume, einen gegen den andern, und zwischen den Türmen bleibt ein Raum, daß ein Wagen mit vier Pferden konnte herumfahren. Und rund umher in der Mauer waren hundert Tore, ganz von Erz, Pfosten und Sims von gleicher Gestalt. Die Stadt aber besteht aus zwei Teilen, denn mittendurch fließt ein Wasser, das Euphrates heißt. Die Mauer macht nun von beiden Seiten einen Winkel an dem Fluß, und dann kommt eine Mauer von Backsteinen, an beiden Ufern des Flusses entlang. Aber die Stadt selber besteht aus lauter Häusern von drei bis vier Stockwerken und ist durchschnitten von geraden Straßen, die da entlang gehen oder quer durch nach dem Flusse zu. Und am Ende einer jeglichen Straße waren Pforten in der Mauer an dem Flusse, soviel Straßen, soviel Pforten. Die erste Mauer nun ist gleichsam der Stadt Panzer, innerhalb läuft aber noch eine zweite umher, die ist

Abb. 354. Plan von Babylon.

Digitized by Google

nicht viel kleiner als die erste, jedoch etwas schmaler. Und in der Mitte einer jeglichen Hälfte der Stadt steht ein Gebäude, nämlich in der einen die königliche Burg, die ist umgeben von einer großen und festen Mauer, und in der andern des Zeus-Belos Heiligtum mit ehernen Toren. Das war noch zu meiner Zeit zu sehen und ist ein Viereck, jede Seite zwei Stadien lang."

Eine Ergänzung zu dieser Beschreibung Herodots stellt die anschauliche Schilderung dar, die Delitzsch von der Anlage des alten Babylon gibt:

„Durch ein Tor, nicht allzu ferne von der Südostecke der Mauer, betreten wir die eigentliche Stadt. Wir folgen einer breiten, augenscheinlich sorgfältigst gepflegten, aber feierlich einsamen Straße eine kurze Strecke nach links, überschreiten auf einer prachtvollen Brücke den Ostkanal Babylons, Bibil-chegalla (oder chigalli), und biegen dann rechts ab in der Richtung nach dem Euphrat zu, in das eigentliche Häusermeer Babylons. Ein Labyrinth von Straßen und Gassen nimmt uns auf, nicht als wäre es ein Labyrinth durch die unregelmäßige Anlage der Gassen, im Gegenteil sind alle gerade, sowohl die, welche zum Euphrat führen, als auch die übrigen, aber gerade diese Regelmäßigkeit ist verwirrend und läßt den Fremden sich in den langen Zeilen von 3—4stöckigen Häusern nur schwer zurechtfinden .... Alle Straßen sind voll regst pulsierenden Lebens, geräuschvollesten Treibens. Das rege Leben erhält sich nicht nur, sondern steigert sich noch, je weiter wir die eingeschlagene gerade Straße verfolgen, bis wir durch eines der jede Straße abschließenden ehernen Pförtchen hindurch die längs des Flusses sich hinziehende Backsteinmauer passieren und mit dem Euphrat, der in erhabener Ruhe dahinfließt, ein neues lebendiges Bild vor unsern Augen sich auftut. Seine Ufer sind an sich flach, aber Nebukadnezar hatte zu beiden Seiten des Stromes durch Höhe und Größe bewunderungswürdige Quais aufführen lassen."

Die zuletzt erwähnten „Quais", d. h. Ufermauern, sind bei den von Ker Porter ausgeführten Ausgrabungen wieder aufgefunden worden. Die Höhe ihrer Mauern beläuft sich auf 20 m, die Länge auf nahezu 30 km. Die von Herodot erwähnte Burg stand auf einer künstlich angelegten Terrasse. Derartige Terrassenbauten waren in Mesopotamien ganz besonders beliebt und wurden von den prachtliebenden Königen gerne ausgeführt. Welche Arbeit dabei zu leisten war, geht aus Berechnungen von Jones hervor, die sich auf zwei bei Kujundschik befindliche Hügel beziehen. Von diesen enthält der eine 6½, der andere 14½ Millionnen Tonnen Erde. Zieht man die Leistung eines Arbeiters in Betracht, so waren zu der Aufhäufung dieser Hügel 1000 Arbeiter beim einen Hügel 54, beim andern 120 Jahre lang nötig. Da man kaum so lange daran gebaut haben dürfte, und da Menschenmaterial zu jener Zeit wenig wert war, so dürfte die Bauzeit ganz erheblich kürzer gewesen sein. Nimmt man sie auf nur 10 Jahre an, so hätten während dieser Zeit an dem einen Hügel 5400, an dem anderen aber 12 000 Arbeiter zu karren gehabt.

Daß die Ägypter schon frühe regelmäßige Stadtanlagen besaßen, wurde oben bereits erwähnt. Es ist sogar wahrscheinlich, daß die Griechen in bezug auf den Städtebau Schüler der Ägypter und der Assyrer gewesen sind. Im Anfange gründeten sie mit Rücksicht auf Sicherheit gegen feindliche Überfälle die Städte auf Hügeln. Dann besiedelten sie die Küsten. In beiden Fällen trugen ihre Städte bodenwüchsigen Charakter: Die Anlage ist eine vollkommen willkürliche. Erst unter Perikles (493—429 v. Chr.) tritt in Griechenland zum erstenmal die planmäßig vorher bestimmte Teilung des Geländes auf. Der Städtebauer Hippodamos aus Milet ist es, der sie zuerst in der Hafenstadt Piräus zur Anwendung bringt. Allerdings kann er kaum als

Digitized by Google

Erfinder des neuen Verfahrens gelten: Er stützt sich vielmehr, wie bereits angedeutet, auf ägyptische und vor allem wohl assyrische Vorbilder. Will man die Vorteile der neuen Städtebautechnik so recht erkennen, so braucht man nur eine der älteren griechischen Städte, z. B. Gurnia auf Kreta, mit einer der neueren, gleichfalls auf einem Hügel gelegenen, z. B. mit Solunt auf Sizilien, zu vergleichen. Während sich in Gurnia das unregelmäßige Straßennetz über den ganzen Stadthügel hinzieht und auf die gewundenen Hauptwege kleine Nebengäßchen münden, während ferner größere

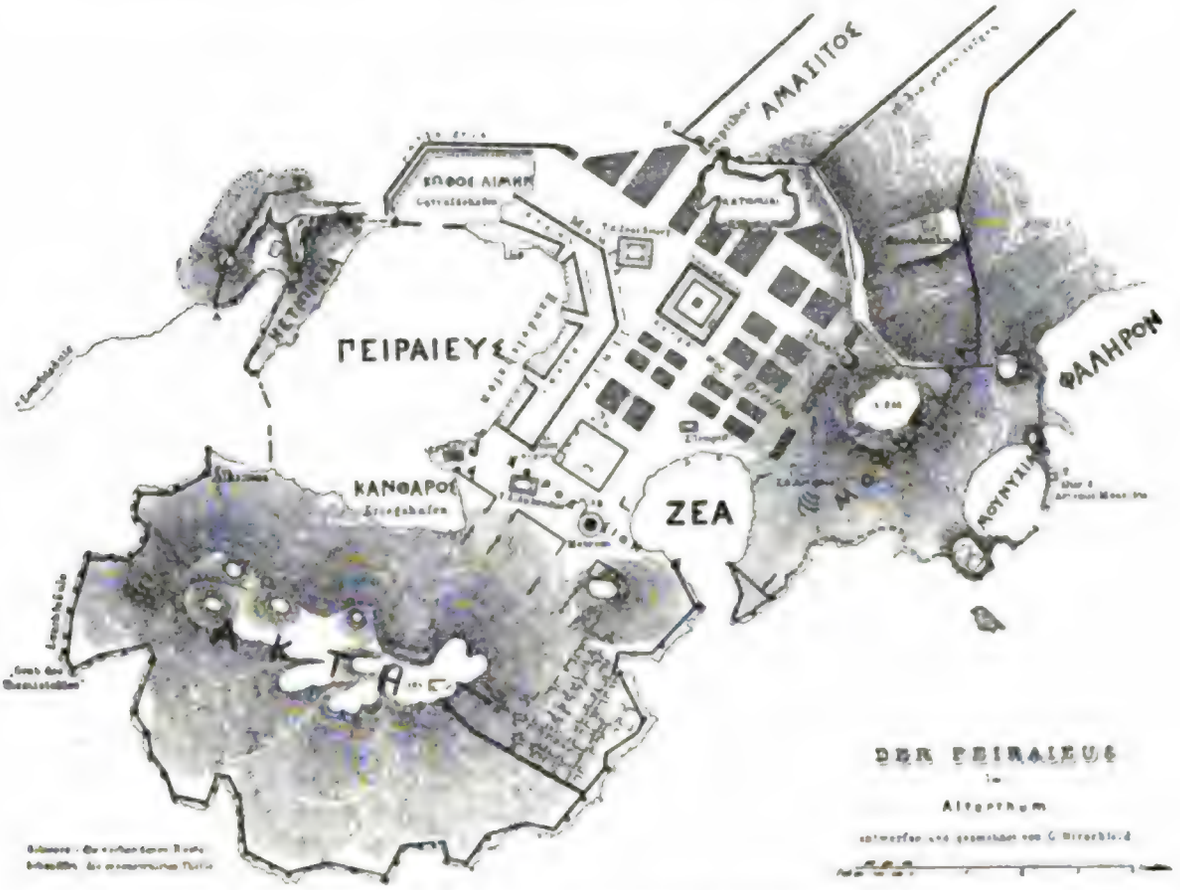


Abb. 355. Plan der Hafenstadt Piräus.

Die Anlage schmiegt sich auf das Genaueste dem hügeligen Gelände an; die Hauptstraßen laufen senkrecht auf einen der beiden Haupthügel zu, so daß dieser den Abschluß des Straßenbildes darstellt. Ebenso verlaufen sie senkrecht oder parallel zum Hafenquai; Theater und Tempel und sonstige öffentliche Gebäude lehnen sich an die Hügel an oder bilden den Abschluß des Straßenbildes wie z. B. der Tempel der Aphrodite. Kriegshafen und Arsenal sind gegen die Stadt abgeschlossen, die Hügel in die Befestigungsmauern eingezogen usw.

Steigungen durch Treppenstufen überwunden werden, finden wir an dem ein Jahrtausend später gebauten Solunt Parallelstraßen, die am Hügel hinaufführen und von einer breiten horizontalstraße rechtwinklig geschnitten werden. Diese Wandlung ist dem maßgebenden Beispiele zu verdanken, das Hippodamos mit seiner vorbildlichen Anlage von Piräus gegeben hat. Die Straßen zerfallen in breite Haupt- und Nebenstraßen, sie schneiden sich alle rechtwinklig und schließen Häuserblocks ein. Dabei ist jede Langweiligkeit vermieden. Tempel, Theater und Kastell sind so angeordnet, daß sie bei der Einfahrt in den Hafen der Stadt zum Schmucke gereichen: Die Tempel des Zeus und der Aphrodite flankieren den Quai, der Tempel der Athene fügt sich in das Bild. Das Theater erhebt sich über der Stadt, etwa in der halben Höhe des

Digitized by Google

vom Kastell gekrönten Hügels. Die Tempel stehen so, daß sie die Straßenzüge abschließen. Von den Straßen aus ist stets die Front und eine Seite des Tempels zu sehen, was dem Abschluß das Starre nimmt, das eine quer vorgelagerte Front ja fast stets im Gefolge hat. (Abb. 355 S. 275.)

Daß der Bebauungsplan auch unter schwierigen Verhältnissen kraft einer weit vorgeschrittenen Städtebautechnik durchgesetzt wird, zeigt die Anlage von Priene,

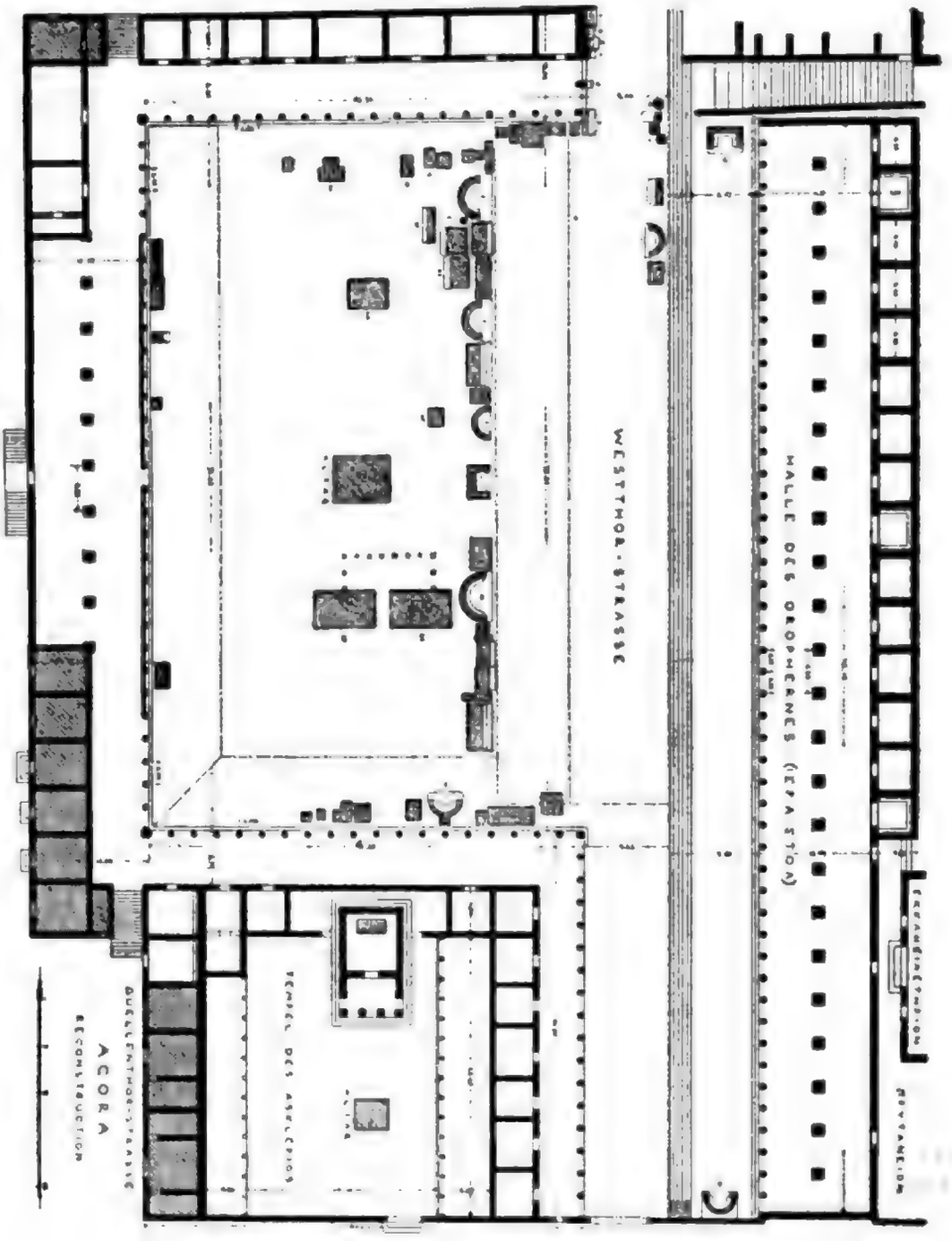


Abb. 356. Teil aus dem Stadtplan von Priene: Der Markt auf der Westtorstraße.

die aus dem 4. Jahrhundert v. Chr. stammt. Hier sind die Verhältnisse derart schwierig, daß auch ein Städtebaumeister der Jetztzeit große Mühe hätte, eine Stadt gerade an dieser Stelle anzulegen. Über der Ebene des Mäander steigt 365 m hoch

Digitized by Google

der Felsen der Akropolis empor. Von seinem Fuße zieht sich mit ziemlich starkem Gefälle ein weit ausgedehnter Abhang in die Ebene des Mäander nieder. Auf solchem Boden soll nun eine Stadt erstehen! Man hat Teile des Abhangs eingeebnet und darauf Terrassen geschaffen, die die Straßenzüge und Häuser aufnahmen. Auf der entstandenen hochgelegenen künstlichen Ebene werden sechs Längsstraßen gebaut, von denen eine, die Hauptstraße, in einer Breite von sieben Metern angelegt wird. Sie führt, ein helleuchtender Streifen, von dem Westtor der Stadtmauer aus in gerader Linie ostwärts in das Herz der Stadt, wo sie den Markt (ἡ ἀγορά) schneidet. (Abb. 356.) Dicht an der Stadtmauer befinden sich Gymnasium und Stadion sowie das Heiligtum der Demeter. Über dieser untersten, den Hauptteil der Stadt tragenden Terrasse

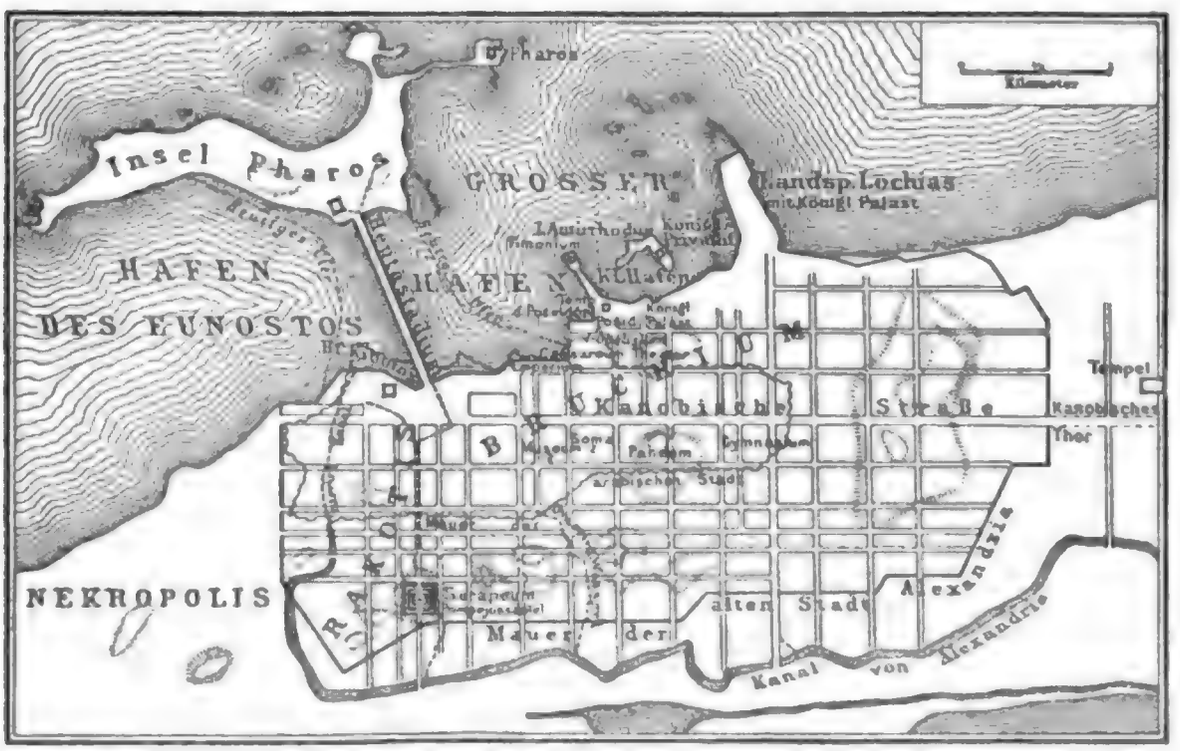


Abb. 357. Plan von Alexandria.

ist eine zweite kleinere eingeebnet, auf der der Athenetempel des Pythos steht, der das Stadtbild krönt und beherrscht. Die schwierigen Verhältnisse des Untergrunds nötigen dazu, ihm eine hohe Stützmauer zu geben. Er wird von dem Theater flankiert und ist von den gleichfalls rechtwinklig sich schneidenden Straßen der oberen Stadt, die einen eigenen Marktplatz hat, umgeben. Nur da, wo die Steilheit eine zu große wird, gehen die geraden Straßenzüge in Treppen über, die man aber nach Möglichkeit vermeidet. Lieber gibt man der Straße, um die Höhe zu gewinnen, einen Absatz. Auf den hohen, fast senkrecht emporsteigenden Akropolisfelsen endlich führt mehrere hundert Meter hoch eine Felsentreppe hinauf. Man muß zugeben, daß gerade bei dieser Stadtanlage die Städtebautechnik des Altertums einen ihrer höchsten Triumphe gefeiert hat; verstand man es doch, alle Schwierigkeiten des Bodens zu überwinden, ohne auch nur um ein Haar von dem nach hippodamischem Vorbild entworfenen Plan abzuweichen.

In Küstenstädten richtet man die Straßen meist so ein, daß sie der Küste parallel laufen. So hat das nach dem Plane von Deinokrates im Jahre 331 v. Chr. begonnene und ausgebaute Alexandria sieben der Küste parallel laufende und elf sie recht-

winklig schneidende Straßen von je sieben Meter Breite. Die beiden Hauptstraßen waren in einer Breite von vierzehn Metern angelegt. Die davor liegende Insel Pharos, die den berühmten Leuchtturm (siehe Seite 250) trug, war mit der Stadt durch einen mächtigen, sieben Stadien (1290 m) langen Damm (Heptastadion) verbunden. Die längste Straße, die Kanobische, hatte eine Länge von nicht weniger als 5½ km.

Wie bei den Mesopotamiern, so waren auch bei den Griechen Terrassierungen gebräuchlich, wobei die einzelnen Terrassen teils durch Aufschüttungen, teils durch Abtragungen gewonnen wurden. Wo es nottat, brachte man zur Festigung mächtige Mauern an, die dem Drucke der dahinterliegenden Erdmassen nebst dem der darauf stehenden Gebäude trefflich widerstanden. Das glänzendste Beispiel altgriechischer Terrassierungstechnik ist wohl die Stadt Pergamon, deren Entwicklung sich in der Hauptsache unter Eumenes II. (197—159 v. Chr.) vollzog. Die Steilhänge des Burgberges zeigen nichts vom Einflusse des Hippodamos, weisen hingegen Terrassen von so gewaltiger Größe und so vollendeter technischer Ausgestaltung auf, daß sie auch heute noch unser Erstaunen erregen. Die unterste der drei langgestreckten Terrassenstufen hatte eine Höhe von 12—14 m und war durch eine Mauer gestützt. Sie trug das Gymnasium und dicke Rundtürme, die sich bereits wieder an die Stützmauern und Strebepfeiler der nächsthöheren Terrasse anlegen. Eine überwölbte Wendeltreppe führt mit vierzig Stufen zu dem mittleren „Gymnasium der Epheten", das sich auf der imposanten zweiten Terrasse erhebt. Hier sind lange Hallen, Zimmer, Tempel usw. usw. erbaut. Das oberste Gymnasium auf der dritten Terrasse endlich schließt eine Art von Theater, Säle, Baderäume usw. usw. ein. Die Last aller dieser auf drei Terrassen übereinander aufsteigenden Gebäude muß eine ganz gewaltige gewesen sein, und doch hat sich das Gefüge der Stützmauern, solange die Stadt bestand, weder unter dieser Last noch unter der der Erd- und Felsmassen, die gleichfalls auf diese Mauern drückten, irgendwie gelockert. (Eine Darstellung dieser Terrassierung gibt der linke Teil des Planes der Wasserleitung von Pergamon Seite 427 Abb. 573).

Die Technik des römischen Städtebaues.

Die Technik des römischen Städtebaues fußte teils auf alten Überlieferungen, teils wurde sie durch das hippodamische Beispiel beeinflußt, zum Teil aber wurde die Anlage der Städte dadurch bestimmt, daß sie aus römischen Befestigungsanlagen, aus Kastellen, hervorgegangen sind. Die alte Überlieferung zeigte sich hauptsächlich bei der Wahl des Platzes, auf dem man eine Stadt zu errichten pflegte. Man wählte Hügel oder den Verzweigungspunkt zweier Täler, wo dann die Stadt auf der durch sie gebildeten Landzunge erstand. Die Zahl der altrömischen Hügelstädte ist eine sehr große. Als Beispiele für die an zwei Tälern gelegenen Städte seien Tarquinii, Volaterrae usw. usw. erwähnt. Auch Koblenz ist hierher zu zählen. Die aus einem römischen Kastell hervorgegangenen Städte zeigen zum Teil auch heute noch in der Anordnung des inneren Stadtkerns und der darin gelegenen sowie der von ihm ausgehenden Straßen die alte Einteilung des Kastells. Solche Städte sind z. B. Aosta, Turin, Trier, Cöln, Spalato, Timgad, Lambaesis usw. (Abb. 358 bis 360 S. 279 bis 281).

Aber auch bei den Städten, die nicht unmittelbar aus einem römischen Kastell hervorgegangen waren, zeigt sich nicht allzu selten die bei diesen übliche Anordnung der Straßenzüge usw., die man somit als ein kennzeichnendes Merkmal des römischen

Digitized by Google

Städtebildes anſprechen kann. Sowohl in der Stadt wie beim Kaſtell findet man in der Regel zwei Hauptſtraßen, die ſich im Stadtinnern ſenkrecht ſchneiden und die Stadt in vier Stadtviertel einteilen. Eine dieſer Hauptſtraßen war die eigentliche „Hauptſtraße“ der Stadt, die via princ palis. Die an ihren Enden liegenden Tore waren die „porta principalis dextra“ und die „porta principalis sinistra“. Die ſie ſenkrecht ſchneidende Straße, die „via decumana“ oder der „decumanus“, war nach der einen Seite durch die „porta decumana“, nach der anderen durch ein zweites Tor abgeſchloſſen, das bei den Kaſtellen als „porta praetoria“ bezeichnet wurde. Die Hauptſtraßen waren gewöhnlich mit mehr oder minder großer Genauigkeit nach den Himmelsrichtungen eingeſtellt, wobei man ſich jedoch meiſt mit einer minder großen Genauigkeit begnügte, da man die Stelle des Auf- und Untergangs der Sonne nur ſo ungefähr beſtimmte. Im übrigen bewirkten auch abergläubige Vorſtellungen, daß man im Laufe der Zeiten eine Drehung vornahm, ſo daß die alte Südnord-Straße, die via principalis, vielfach zu einer Oſtweſt-Straße wird. Dann wirken aber auch noch ſtrategiſche Erwägungen ein, die dazu führen, daß man bei den Kaſtellen die porta praetoria gegen den Feind zu richtet. Derartige Einzelheiten ändern ſich von Fall zu Fall, im allgemeinen aber beſteht der Grundriß der römiſchen Stadt aus einem meiſt länglichen, von zwei ſenkrechten Straßenzügen durchſchnittenen Viereck.

Abb. 358. Stadtanlage von Timgad.
Als typiſches Beiſpiel einer aus einem Kaſtell hervorgegangenen römiſchen Stadt.

Die Stadtgründung ſtellt ſich nach Merckel als ein Gemenge von techniſchen Maßregeln, abergläubiſchen und alten von den Etruskern übernommenen Überlieferungen dar. Sollte eine Stadt oder ein feſtes Lager gegründet werden, ſo wurde zunächſt die Stadtumwallung feſtgelegt. Ein mit zwei weißen Tieren verſchiedenen Geſchlechts beſpannter Pflug wurde auf der Spur des zukünftigen Stadtgrabens derart herumgeführt, daß die Schollen nach innen lagen. Sie bildeten den Anfang der Befeſtigung, des Walls. Die Väter der zukünftigen Stadt, die den Pflug führten und geleiteten, ſchritten dabei immer nach links herum: Ein Umgang nach rechts hätte der Stadt Unglück gebracht. Am Platz der Stadttore zog man keine Furche,

Digitized by Google

ſondern hob den Pflug aus der Erde und trug ihn über die Breite des zukünftigen Tores hinweg. Manche Anſiedlungen haben nicht ſcharfe, ſondern etwas abgerundete Ecken an ihrer Umwallung, was ſich vielleicht dadurch erklären läßt, daß man mit

Abb. 359. Plan des römiſchen Trier.

dem Pfluge kein ſcharfes Eck machen konnte. Man führte ihn am Eck in einer Kurve aus der einen Richtung in die andere über. Dann wurden, nachdem ſo die Umwallung feſtgelegt war, die inneren Stadtteile in gleicher Weiſe abgegrenzt. Daß man dabei gewiſſe Himmelsrichtungen innehielt, wurde bereits oben erwähnt. Nachdem unter

Digitized by Google

Abb. 240. Modell aus römischen Zeit m. Ca. den Stadt sind die Hauptstraßen und die Lösung deutlich erkennbar. Unten sind zu beiden Seiten neuere Stadtteile mit Häusern, Kanälen usw. Rückseite der Abgrenzung der Kaiserburg Nürnberg.

Digitized by Google

mancherlei Zeremonien, die mit der Technik des Städtebaus nichts zu tun haben und deshalb übergangen werden können, alle Grenzlinien gezogen und die Grenzsteine gesetzt waren, wurde eine Karte der zukünftigen Stadt aufgenommen. Man vermaß die Länge und Breite der einzelnen Straßenzüge, zeichnete auch das außerhalb der Mauer liegende Gebiet, das zu der Stadt gehörte, genau auf und grub dann den Stadtplan in Erz oder Marmor. Die Tafel wurde an einem öffentlichen Ort angeschlagen, so daß man jederzeit Einsicht nehmen konnte. Eine zweite Zeichnung auf Leinwand wurde nach Rom gesandt und dort in einem besonderen Archiv aufbewahrt, das also unserem heutigen Katasteramt entsprach. Zu den Karten gab es noch schriftliche Erläuterungen auf Wachstafeln, auf denen die Namen der einzelnen Grundbesitzer, die Nummern ihres Besitzes, der oft durch das Los verteilt wurde, usw. usw. zu ersehen waren.

Die derart angelegten Städte lassen noch heute, wie z. B. Cöln, Trier usw., das Planmäßige ihrer Gründung erkennen. (Abb. 359 und 360.) Während so die römische Provinzstadt meist als eine im gewissen Sinne „moderne" Stadt bezeichnet werden kann, sieht es in den autochthonen Städten, vor allem in Rom, noch in später Zeit sehr übel aus. Eine anschauliche Schilderung hiervon gibt Friedländer:

„Noch gegen Ende der Königszeit glich Rom, trotz seiner bereits beträchtlichen Ausdehnung, welche durch den Gang der Servianischen Mauer bezeichnet ist, einer jetzigen Landstadt. Noch wurden im Innern der Stadt Landwirtschaft und Viehzucht getrieben. Die Häuser waren mindestens zum großen Teil aus Holz und Lehm gebaut und hatten Strohdächer. Auf den ungepflasterten Straßen wandelte man im Sommer in Staubwolken, im Winter in Kot.

Die Mängel der spätern Anlage der Stadt werden von den Alten auf den nach dem gallischen Brande (390 v. Chr.) planlos und tumultarisch betriebenen Neubau zurückgeführt. Die Quartiere waren unregelmäßig, die Gassen eng und gewunden, die Häuser standen vielfach in gedrängten Massen. Ziegeldächer wurden nur sehr allmählich allgemein, die Deckung mit Holzschindeln erhielt sich bis zum Kriege mit König Pyrrhus (284 v. Chr.): ein Beweis für den damaligen Waldreichtum Italiens, in dem Rom in der Folgezeit mit seinen aus Fachwerk hoch aufgetürmten, so oft abbrennenden Miethäusern gewaltig aufräumte. Noch viel später wurde ein Anfang zur Pflasterung der städtischen Straßen gemacht. Begann nun Rom auch nach und nach seinen dorfartigen Charakter abzulegen (wie z. B. schon vor 310 v. Chr. die hölzernen Buden der Fleischer am Forum den Geschäftslokalen der Geldwechsler gewichen waren), so erfolgten doch die Verschönerungen so langsam und vereinzelt, daß noch am Hofe Philipps von Mazedonien (174) die römerfeindliche Partei über das unschöne Aussehen der weder durch öffentliche noch Privatbauten glänzenden Hauptstadt Italiens spotten konnte. Die Ausstattung derselben mit ansehnlichen Bauwerken war damals erst seit kurzem in Angriff genommen worden."

Trotzdem man in Rom seit den Zeiten Sullas die großartigsten Prachtbauten aufführte, blieben die Straßenzüge doch unverändert, und auch Augustus, der die architektonische Neugestaltung der römischen Hauptstadt in die Wege leitete, vermochte daran nichts zu ändern. Die Nachteile einer derartigen Stadtanlage erkannte man sehr wohl. Unter Tiberius klagte man, „daß die Höhe der Häuser sehr groß und die Straßen so eng seien, daß es weder einen Schutz gegen Feuersgefahr noch eine Möglichkeit gebe, bei einem Einsturze nach irgendeiner Seite hin zu entkommen". Der neronische Brand (64 n. Chr.) gewann seine große Verbreitung lediglich durch die eben geschilderten Übelstände. Als man die durch ihn zerstörten Stadtteile wieder aufbaute und

Digitized by Google

die Häuser bis zu einer gewissen Höhe aus feuerfestem Material, aus gabinischem und balanischem Stein aufführte, blieben die alten Mißstände doch zum Teil bestehen. Die Fehler des bodenständigen Städtebaus machten sich in einer ungeheuren Wertsteigerung des Bodens geltend. Man mußte also, wie dies in heutigen Großstädten ja auch noch geschieht, in die Höhe bauen. Nach Juvenal gab es in Rom Fenster, von denen man Gegenstände auf der Straße nur wie im Nebel sah. „Füge man zu der Ausdehnung und dem Umfange Roms", sagt Plinius, „die Höhe der Häuser hinzu, so könne sich keine andere Stadt in der Welt an Größe vergleichen." Dabei hatte Rom, wie Friedländer in einer guten Zusammenstellung zeigt, höhere Häuser als die modernen Großstädte: „Während die Berliner Bauordnung von 1860 als Maximalhöhe der Straßenfronten nur 36 Fuß (12 m) bei der gleichen Straßenbreite und eine größere Höhe nur bei einer entsprechend größern, die Wiener nur 45 Fuß (15 m) (bei höchstens 4 Stockwerken), die Pariser höchstens 63,6 Fuß (21 m) (bei einer gleichen Straßenbreite) gestattet, bestimmte August die Maximalhöhe der Vorderhäuser in Rom auf 70 römische (etwa 66 preußische) Fuß (22 m), was 6—7 Stockwerke, Trajan angeblich auf 60 römische (etwa 56 preußische) Fuß (18 m), was 5—6 Stockwerke zuläßt. Beide schwerlich streng aufrecht erhaltenen Bestimmungen erstreckten sich gar nicht auf Hofgebäude und Hinterhäuser, welche also ohne Zweifel vielfach höher gebaut wurden: Bei Martial hat ein armer Schlucker „zweihundert Stiegen" zu seiner Kammer zu steigen. Außerdem waren die Maximalhöhen bei jeder Straßenbreite zulässig, und in bezug auf diese stand Rom hinter den modernen Großstädten sehr zurück. Während in Berlin die Durchschnittsbreite sämtlicher Straßen 22 m beträgt, scheint in Rom die der größeren Hauptstraßen nur 5—6,50 m betragen zu haben, also geringer gewesen zu sein als die unterste der Pariser Skala von 7,80 m, bei welcher dort nur eine Häuserhöhe von 11,90 m zulässig ist. Eine durch ihre Läden so lebhafte Straße wie der Vicus Tuscus in Rom hatte eine Pflasterbreite von nur 4,48 m, der Vicus Jugarius von nur 5,50 m. Hatte Tyrus (nach Strabo) in der Tat noch höhere Häuser als Rom, so war dies durch seine Lage auf einem engen Inselfelsen bedingt."

Die neueren Straßen Roms wurden dann planmäßig angelegt und sind infolgedessen lang und gerade. Betrachtet man den in den Sammlungen des Kapitols befindlichen, auf einer Marmortafel eingegrabenen, aus dem dritten Jahrhundert n. Chr. stammenden Plan Roms, der allerdings nur in Bruchstücken vorhanden ist, so erkennt man hier die so verschiedenartige Ausgestaltung der einzelnen Quartiere: winklige und mannigfach zerschnittene wechseln mit neueren geradlinigen ab.

Wie oben bereits ausgeführt wurde, waren für die Anlage von Städten zunächst strategische Gesichtspunkte, dann solche des Handels sowie auch Überlieferungen usw. maßgebend. Wenn auch diese Grundsätze im ganzen und großen erhalten blieben, so erkannte man später doch, daß auch noch andere Dinge zu berücksichtigen waren. Maßgebend wurden auch hier die Lehren des Hippodamos, die von Aristoteles (384—322 v. Chr.) zusammengefaßt, wohl auch erweitert und uns überliefert wurden. Nach Aristoteles war eine bei der Gründung einer Stadt unter allen Umständen zu fordernde Bedingung, daß der Ort, wo sie erstehen sollte, frische Luft und genügende Mengen guten Wassers habe. Der Platz sollte möglichst offen nach Westen und Norden sein, damit er den von dorther wehenden Winden ausgesetzt war, da diese erfrischend wirken. Dann sollte die Lage allen strategischen Anforderungen entsprechen, außerdem sollte sie die Anlage von schützenden Mauern erleichtern. Des weiteren sollte es möglich sein, den Feind von der Stadt her leicht zu schädigen. Auch

Digitized by Google

die Regierungsform ist zu berücksichtigen. Städte mit Burgen eignen sich für Monarchien und Oligarchien, eben gelegene Städte für Demokratien, Städte mit mehreren festen Burgen für Aristokratien.

Zu ähnlichen Leitsätzen wie Aristoteles kommt Vitruv (I 4): „Zunächst handelt es sich um die Wahl eines sehr gesunden Ortes. So aber wird er sein, wenn er hochgelegen, weder dem Nebel noch dem Reife ausgesetzt und weder den heißen noch den kalten, sondern den gemäßigten Himmelsgegenden zugewendet ist. Er wird ferner gesund sein, wenn die Nähe eines Sumpfes vermieden wird, denn wenn mit Sonnenaufgang die Morgenlüfte zur Stadt gelangen und die aufsteigenden Nebel sich mit diesen verbinden und die mit dem Nebel vermischte giftige Ausdünstung der Sumpftiere den Körpern der Bewohner durch das Wehen der Morgenlüfte eingehaucht wird, werden sie den Ort ungesund machen. Ferner wird, wenn die Mauern längs des Meeres und in der Richtung gegen Süden oder Westen errichtet werden, die Stadt nicht gesund sein, weil während des Sommers die südliche Himmelsgegend bei Sonnenaufgang warm und um Mittag heiß wird; ebenso wird die gegen Westen gerichtete Seite nach Sonnenaufgang ein wenig erwärmt, um Mittag warm, am Abend glühend." Des weiteren mahnt Vitruv, sich bei der Anlegung von Stadtmauern vor jenen Gegenden zu hüten, die durch die Wärme schädliche Ausdünstungen erzeugen. Ebenso werden aber auch durch die Abkühlung der Feuchtigkeit, der Winde und Lüfte den Körpern krankhafte Zustände zugeführt. Liegen die Stadtmauern in längs des Meeres befindlichen Sümpfen, und sind sie gegen Norden oder zwischen Norden und Osten gerichtet, und jene Sümpfe liegen höher als die Meeresküste, so scheinen sie mit Überlegung angelegt. Man kann dann durch Ziehen von Gräben einen Wasserabfluß an die Küste bewerkstelligen. Außerdem wird bei hochgehender See die Brandung in die Sümpfe geworfen und tötet mit ihrem Salzgehalt die Sumpftiere. Darum sind die Munizipalstädte Altinum (beim heutigen Venedig), Ravenna, Aquileja so „unglaublich gesund". Wo die Sümpfe jedoch stillestehen und weder durch Flüsse noch durch Gräben Abfluß haben, wie die pontinischen, da geraten sie in Fäulnis und erzeugen ungesunde Dünste. Aus diesem Grunde wurde in Apulien die alte Stadt Salapia durch M. Hostilius verlegt, der mit Erlaubnis des römischen Senates und Volkes an einem gesunden Orte eine neue Stadt Salapia gründete. Er gab sogar dem benachbarten See eine Verbindung mit dem Meere, so daß der See als Hafen für die Neugründung diente. „So wohnen jetzt die Salapiner viertausend Schritt von ihrer alten Stadt entfernt an einem gesunden Orte." Die Ausführungen Vitruvs, die im übrigen von unendlicher Weitschweifigkeit sind, so daß wir nur das wesentlichste daraus wiedergeben können, lassen erkennen, daß Technik und Hygiene zu seiner Zeit schon bei der Wahl des Ortes für die Neuanlage einer Stadt eine hervorragende Rolle spielten.

Ehe man nun im Altertum die Anlage der Stadt selbst in Angriff nahm, war es nötig, sich vor feindlichen Überfällen zu schützen, damit man in Ruhe bauen konnte. Nachdem man in der oben bereits beschriebenen Weise das Areal abgesteckt hatte, ging man zunächst an die Ausführung der Befestigung, an die Herstellung der Mauern und Türme.

Literatur zum Abschnitte: „Der Städtebau" siehe hinter dem Abschnitte „Bauarten, Bauausführung und Baustoffe".

Digitized by Google

Befestigungen.

Die Wälle.

Offene Siedelungen waren im Altertum bei weitem seltener als heute. Je sicherer, wie man wohl behaupten kann, zu manchen Zeiten und bei manchen Völkern die Umwohner, freilich bei zum Teil sehr weiten aufgerissenen Flurgrenzen, Wälle errichtet, wie z. B. in Pompeji, auf der Saalburg usw. usw., eher innerhalb solcher sich viele Siedelungen konnten an die Befestigung an, sich zum Teil wohl in neuer Schnelligkeit bevölkern konnten. Wenn sich gegen Seeräuber zu sichern, mußte man zur Niederlassung mit Vorliebe einen Seehafen aufsuchen. Ein solcher war aber nicht immer besonders leicht erlernen konnte, und hier es ermöglichte, ihn zu verteidigen. Denn aber mangelt man für eine Befestigung, und zwar, wie bereits am Schutze des meisten Hilfsmittel angeführt wurde, meist nach der Errichtung des Walles. Selbst Ringwälle, die ihrer Lage nach, wie z. B. auf Bergen, einen Schutz boten wie Wall. Selbst Ringwälle waren oft leere, wenn erhöhten Wert und aufgeworfen. Derartige Ortsnahe hatten, ebenso wie bei den einen hoher befestigt Ringwälle, Vorbereitungen, die Befestigungsmittel weiß ich hier auf den wichtigsten Punkte ihrer Verwendung zur Geltendmachen anzuführen. Man ergänzt z. B. Schutz, indem man Hindernisse, Hilfsbefestigungen und Verteidigungen zum Schutze als natürliche Befestigungsbedürfnisse vorsieht. Wall und Graben, Wall und Wall usw. werden gelegentlich einer solchen aufgeführt. Dazu aber legte man auch Ringwälle an, die hinter der Befestigung errichteten, oder die sich in das Innere der Befestigung hineinlehnen und hervorragen.

Fig. 34. Westlicher Ringwall am Glm entdeckten. Längsschnitten durch den Innenwall und Graben (Prof. Brandenstein).

Diese Ringwälle „Hinterlagen" hießen. Diese Ringwälle haben halt manche, halb längliche, halb rundliche Form. Die Kehrseite dem Befestigung wird eine einfache. Man wendet die Blumen in der Umgebung von und ebenso die Innenseite des Walles liegende Höhe etc. Der Wall selbst wurde von Erde-

Digitized by Google

reich aufgeſchüttet, dem man, um ihn haltbarer zu machen, ſchon ſehr frühe Steine beimengte. Beim Ausheben des Erdreichs ergab ſich von ſelbſt der Graben, der ſich aber nicht bei allen Ringwällen findet. Manchmal wird die Umwallung ohne die Anlage eines Grabens von innen und außen her aufgeworfen, ſo daß ſich innen ein vertieftes Plateau, außen ein natürlicher Übergang in die Umgebung bildet. (Abb. 361.) Manche Siedelungen haben zwei Gräben. Wo das Aufführen von Wällen mit den damaligen primitiven Hilfsmitteln, die oft nur aus einer einfachen Hacke beſtanden, gar zu mühſelig erſcheint, oder wo nicht genügend Erdreich vorhanden iſt, da türmt man einfach Steine übereinander. Derartige urſprünglich wohl mit Balken zuſammengehaltene Steinwälle von beträchtlichem Umfang umziehen z. B. in mehrfacher Reihe den Altkönig im Taunus. (Abb. 362 u. 363.) Es ſind hier ſolche Maſſen von Steinen in derartiger Breite und Höhe und in kilometerweitem Umfang übereinandergetürmt, daß man noch heute über die damals geleiſtete ungeheure Arbeit ſtaunen muß. Schon frühzeitig findet ſich bei der Anlage der Ringwälle die Verwendung von Palliſaden. Das Pfahlwerk war ja aus den gefällten und beiſeitegeſchleppten Bäumen leicht zu beſchaffen. So war es nur natürlich, daß

Abb. 362. Ringwall am Altkönig (Taunus). Oberer Wall des Doppelwalles.

Abb. 363. Ringwall am Altkönig (Taunus). Unterer Wall.

man es zur Befeſtigung benutzte. Zur Keltenzeit wird dann das Holz noch in anderer Weiſe verwendet. Man errichtet mächtige Trockenmauern mit reichlichem Holzriegelwerk (murus gallicus alternis trabibus ac saxis), eine Befeſtigungsart, die ſpäter auch von den Römern übernommen und an ihrem gegen Germanien gerichteten Grenzwall (limes) beſonders in Obergermanien angewendet wurde.

Digitized by Google

Manche Anlagen zeigen technische Besonderheiten. So bestehen sowohl die „Heidenmauer" auf dem Odilienberg wie die Frankenburg bei Schlettstadt, die beide der La-Tène-Zeit (400 v. Chr. bis Chr. Geburt) angehören, aus mächtigen Sandsteinquadern mit hölzernen Schwalbenschwanzdübeln, die zur Verbindung der Steine dienten. Sie besitzen jedoch keine Holzeinlage mehr. Eine besondere Eigenart weisen noch die sogenannten „Glasburgen" auf, die hauptsächlich in Böhmen und Schottland vorkommen. Während bei den sogenannten „Brandwällen" infolge starker Brandeinwirkung eine stellenweise Verschlackung eingetreten ist, ist bei den Glasburgen der ganze Wall verschlackt und dadurch zu einer zusammenhängenden Masse geworden. (Abb. 364.) Über die Technik der Errichtung derartiger Glasburgen sind mancherlei Erklärungen gegeben worden. Es erscheint zweifelhaft, ob die Verschlackung absichtlich herbeigeführt wurde. Wahrscheinlicher ist es, daß sie beim zufälligen Brand einer aus Steinen, Holz und Erde bestehenden Mauer eintrat. Dafür spricht, daß man bei vielen Glasburgen Reste von Holzkohlen und Asche findet, die auf das Vorhandensein reichlicher Holzmengen in der ursprünglichen Mauer schließen lassen. Des weiteren stimmen Bauart und Anlage derartiger Schlackenwälle, wie z. B. des von Plauen im Vogtlande vollkommen mit den Keltenwällen überein, wie sie Cäsar (de bell. gall. VII 23) beschreibt.

Abb. 364. „Schlackenwall" bei Plauen im Vogtland.

Mauern, Türme und Gräben.

Aus den Ringwällen sind dann die Befestigungsmauern hervorgegangen, bei manchen Völkern, wie z. B. den kleinasiatischen Griechen, ziemlich spät. Noch im 6. Jahrhundert v. Chr. treffen wir dort verhältnismäßig selten auf Mauern, wenigstens nicht auf senkrechte. So war z. B. die Mauer des Herakles (Ilias VII 327—347, 435—411) wahrscheinlich nur ein durch eine Mauer gestützter Wall. Wir werden auf die übrigen Mauern im Gebiete Trojas weiter unten noch eingehender zurückkommen. Allerdings gab es in Mesopotamien schon früher nach sehr gut durchgearbeiteten Plänen hergestellte Befestigungen, wie uns dies der wahrscheinlich aus der Zeit von 3100 v. Chr. stammende Plan einer altbabylonischen Festung beweist. (Abb. 365.) Wir sehen hier, daß die in der Mauer befindlichen Tore durch vorspringende Türme geschützt sind, und daß sich der Eingang zu ihnen allmählich verengt, so daß der gegen die Tore anstürmende Feind sich vor dem Tore zusammendrängen muß. Hier bietet er den Verteidigern, die auf den in staffelförmigem Grundriß vorspringenden Flankierungstürmen stehen, ein gutes Ziel. Ebenso zeigen auch die Ausbildung der Ecken, die Anbringung von Türmen in einer langen Mauer-

Digitized by Google

front neben vielen anderen Einzelheiten den hohen Stand der damaligen Befestigungstechnik. Daß man um jene Zeit in Mesopotamien bereits vom Erdwall zur richtigen Mauer übergegangen war, beweisen im übrigen die Ausgrabungen in Nippur, südöstlich von Babylon. Hier wurde die erste Mauer bereits in der frühesten vorsemitischen Zeit (vor 4000 v. Chr.) gebaut. Auf dieser führte Naram-Sin (um 3750 v. Chr.) seine Mauer bis zu einer beträchtlichen Höhe in den charakteristischen breiten Ziegeln dieses Zeitabschnittes auf. Auf der Innenseite der Mauer, die später nochmalige Aufbauten aufnahm, waren Läden für Händler eingebaut. In der Mauer befand sich das große Stadttor mit drei Eingängen, einem mittleren großen, tieferliegenden für Tiere und auf beiden Seiten kleinere, zu denen Stufen hinaufführten, für die Menschen. Eine ganz besonders sorgfältige Ausnützung der durch die Umgebung dargebotenen Verhältnisse zeigten die Befestigungen von Kujundschik. Sie waren mit einer Art von Forts versehen, die in Form von Türmen auf Hügeln vor der eigentlichen Stadtmauer errichtet waren. Dann kam die Mauer selbst, hierauf zwei tiefe Gräben und dann noch zwei weitere Mauern, von denen die eine so hoch war wie die äußere Hauptmauer. Diodor erzählt, daß die Mauern eine Höhe von über 30 m gehabt hätten, und daß sie so hoch und breit waren, daß drei Wagen nebeneinander fahren konnten. Die inneren Mauern waren aus Steinen und Ziegeln erbaut, während die äußeren ihrer Natur nach mehr zu den Wällen zu rechnen sein dürften. Sie scheinen nur aus Erde, lockeren Kieseln und Steinen bestanden zu haben. Die letzteren wurden aus den Gräben gewonnen, die man mit ungeheurer Arbeit in den festen Konglomeratfelsen einhaute. Die Ausgrabungen haben gezeigt, daß der Unterbau der eigentlichen Mauern aus Stein hergestellt war, und daß sie einen Oberbau aus ungebrannten Backsteinen trugen. Der obere Rand der Steinmauer war mit Stufenabsätzen verziert. Die Mauer lehnte sich teilweise so an den Fluß an, daß dieser einen natürlichen mit Wasser gefüllten Graben vor ihr bildete. Da, wo eine Anlehnung an den Fluß nicht möglich war, war sie durch einen von ihm abzweigenden Kanal geschützt. Wo dieser endigte, schloß sich dann (an der Nordseite) ein tiefer Graben an.

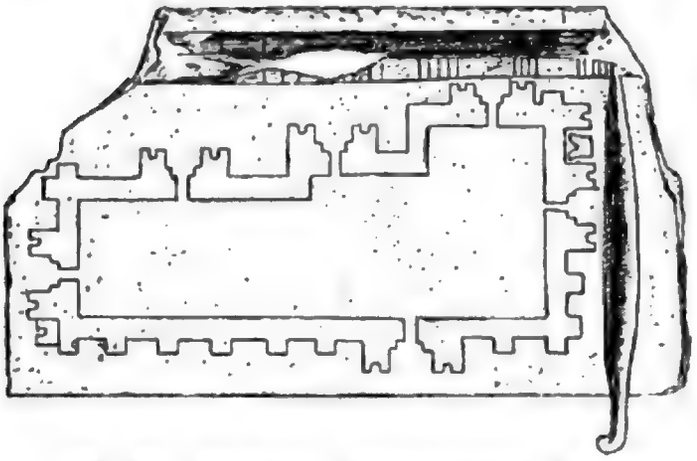


Abb. 365. Plan einer altbabylonischen Festung (auf einer Statue des Herrschers Gudea) um 3100 v. Chr. (siehe auch S. 272).

In ganz besonders hohem Maße entwickelte sich die Befestigungskunst in Ägypten; handelt es sich doch hier um ein vollkommen flaches Land, in dem die Natur die Verteidigung gegen feindliche Einfälle in keiner Weise unterstützte. Infolgedessen befestigte man nicht nur einzelne Städte, sondern man errichtete an den Grenzen entlang eine ganze Anzahl von Festungen, von denen einzelne die Bezeichnung „Mauer des Herrschers" führen, während die Hieroglyphen von anderen berichten, daß sie an den „Toren der Barbaren" lagen. Soweit es anging, nutzte man bei der Anlage die Geländeverhältnisse aus. Im Osten des Nildeltas zieht sich ein langes Tal bis tief

Digitized by Google

in die Mitte der Deltaformation hinein. Durch dieses Tal konnten feindliche Horden leicht ins Innere des Landes vordringen. Dem beugte man durch die Anlage starker Festungswerke vor, denen ein breiter Kanal vorgelagert war, der sein Wasser aus einer Anzahl benachbarter Seen empfing. Über diesen Kanal führte eine Brücke, die mit einem richtigen Brückenkopf versehen und von einer Anzahl von Forts umgeben war. Die Forts waren ständig militärisch besetzt. Auch im Süden des Reiches legte man an einzelnen strategisch wichtigen Punkten die Befestigungen mit weitgehender Berücksichtigung der Eigenart des Landes an. So errichtete ein ägyptischer König, und zwar (nach Lepsius), wahrscheinlich Usertesen III. (um 2300 v. Chr.), am Durchbruche des Nils durch einen bei Semneh in Nubien gelegenen Felsendamm eine gewaltige Festungsanlage. Sie war aus Ziegeln hergestellt und mit Gräben, Wällen sowie Mauern ausgestattet. Dem Flusse gegenüber stand eine hohe Mauer, die wegen ihrer Lage am Ufer und ihrer Höhe als uneinnehmbar gelten konnte. Die Mauer setzte sich nach der Landseite zu fort, wobei sie sich den Geländeverhältnissen derart anschmiegte, daß ihre Höhe zwischen 25 m an Einschnitten und 15 m auf Bodenwellen wechselte. Unten ist sie 8—9 m, oben hingegen 4 m breit. Ihr oberer Teil ist stark abgeschrägt. Dies hat den Zweck, das Erklettern mit Hilfe von Leitern zu verhindern. An dem oberen Teile der Abschrägung läßt sich keine Leiter anlehnen. Legt man sie aber gegen den unteren Rand, so kommt man von der obersten Leitersprosse aus auf der von hier steil emporführenden Abschrägung nicht weiter. An der Mauer befinden sich 12 bis 13 turmartig vorspringende Widerlager von etwa 2 m Dicke. An allen Winkeln befinden sich Doppeltürme, von denen aus die der Mauer sich nähernden Feinde mit Pfeilen beschossen werden können. Der Graben vor der Mauer hat die gewaltige Breite von 30—40 m, seine Böschungen sind mit sorgsam geglätteten Steinen belegt, so daß jeder Feind, der die Außen- oder Innenböschung betritt, den Halt verliert und auf der glatten Steinbahn in den Graben hinabrutscht. Auch die Bekrönung des Grabens ist mit Steinen belegt. Vor dem Graben zieht sich ein gleichfalls mit Steinen bedecktes Glacis entlang, auf dem wie auch jetzt noch bei modernen Festungen die Verteidiger den Ansturm des Feindes erwarteten. Die Mauern wurden im Fall eines Krieges noch besonders „armiert". Man versah dann ihre Zinnen mit Balkenverbänden, auf denen man hölzerne Türme und vorstehende Gerüste errichtete. Hier stellten sich dann die Verteidiger auf, die den Feind mit Pfeilen, Steinen, Wurfgeschossen und, wenn er nahe genug kam, mit siedendem Öl übergossen. In ähnlicher Weise dürften auch die syrischen Befestigungen ausgestaltet gewesen sein; wenigstens lassen die Wandgemälde im Rameseum, die ihre um 13 v. Chr. erfolgte Eroberung durch Ramses II. darstellen, darauf schließen. Allerdings läßt sich nicht sagen, ob der ägyptische Schlachtenmaler diese Festungen wirklich gesehen hat, oder ob er sich bei seiner Darstellung die ägyptischen Befestigungen zum Vorbilde nahm. Daß im übrigen auch die Skythen ähnliche Befestigungen gehabt zu haben scheinen, beweisen die Wandgemälde in Theben, die von ihrer Eroberung durch Ramses II. und zugleich davon Kunde geben, daß man auch hier die Geländeverhältnisse gut ausnützte. Die Skythenfestung ist von einem doppelten Graben umgeben, der von einem benachbarten Flusse gespeist wird. Über den Doppelgraben führen zwei Brücken. Die Verteidiger stehen vor dem Graben und vor den Brücken scheinbar auf einer Art von Glacis, das obendrein noch von den Türmen aus mit Pfeilschüssen bestrichen werden kann. Die Türme sind höher als die Mauern, um den Feind, der sich dieser bereits bemächtigt hat, von hier aus weiter bekämpfen und ihn von den Mauerzinnen vertreiben zu können.

Digitized by Google

Befestigungstechnik bei den Griechen.

Eine besonders hohe Stufe erlangte die Befestigungstechnik bei den Griechen. Im Anfange freilich war auch hier der Wall die fast allgemein übliche Art der Befestigung. So war die nahe am Strande von den Griechen errichtete Mauer des Lagers zu Troja aus Erde hergestellt, in die zu größerer Festigkeit Baumstämme und Steine eingerammt waren (Ilias XII 28, 29). Vor ihr befand sich ein tiefer Graben (Ilias VII 327—347; 435—441). Sie besaß hölzerne Türme, in oder neben denen Tore ins Innere führten (Ilias XII 35, 36; VII 338, 339). Auf der Mauer und den Türmen waren Brustwehren (ἐπάλξεις), die wie Stufen (κρόσσαι) aus der Mauer herausragten. Die Mauer war durch Widerlager (στῆλαι προβλῆτες) geschützt, also wahrscheinlich durch Balken mit dagegen gestemmten Streben oder vielleicht auch durch eine Bretterverschalung mit Balkenstützen, die das Rutschen des Erdwalls hindern sollten. Zwischen der Mauer und dem Graben war der in der Ilias viel erwähnte Gang, auf dem sich die Griechen lagerten, auf dem sie ihr Abendmahl kochten usw. usw. (Ilias IX 67, 87; XII 64—66, 145; XVIII 25, 228; XX 49). Dieser Gang und mit ihm die Mauer waren gegen den Graben zu durch eine Reihe von Palisaden abgegrenzt, die in den erhöhten Grabenrand eingetrieben waren und die dem Gang sowohl wie der Mauer zum Schutze dienten. (Schliemann.)

Außer über diese griechische Mauer gibt die Ilias aber auch über die trojanische ausführliche Auskunft, deren technische Einzelheiten außerdem noch durch Schliemanns Ausgrabungen zu unserer Kenntnis gelangt sind. Die Mauer (Ilias XXII 3, 145; XVI 700 usw. usw.) hatte Brustwehren und Türme und scheint nach den Angaben des Homer (Ilias VI 435—437) nur an einer einzigen Stelle leicht zugängig gewesen zu sein. Wenn sich nun auch bei den Schliemannschen Ausgrabungen herausgestellt hat, daß bei Trojas verschiedenen Städten auch verschiedene Mauern zu unterscheiden sind, so gibt uns doch in der Hauptsache die Mauer der dritten Stadt ein eingehendes Bild von der Befestigungstechnik der Trojaner. Es sei nur erwähnt, daß die kyklopische Mauer der zweiten Stadt auf einer Futtermauer aus kleineren Steinen der ersten Stadt ruht. Diese diente wahrscheinlich auch als Stützmauer des Hügels. Die Mauer der ersten Stadt (A in Abb. 366) ist genau in derselben Art gebaut wie die Hausmauer der ersten und untersten Stadt, d. h. so, daß die Fuge zwischen je zwei Steinen durch einen dritten Stein gedeckt wird. Die Mauer der zweiten Stadt, die Kyklopenmauer (B Abb. 367),

Abb. 366. Die Mauern Trojas (Vorderansicht). Die Mauer B ist die der zweiten Stadt. Die schiefe Lage ihrer Steinschichten scheint eine Folge der Bodensenkung zu sein. Die Mauer A ist älter, sie ist Stützmauer zur Befestigung des Berghanges und gleichzeitig Mauer der ersten Stadt, sowie Futtermauer für die Mauer B.

Digitized by Google

beſteht aus großen, mit kleinen Steinen verbundenen Blöcken. Des weiteren wurde noch eine andere Mauer aus großen mit Lehm verbundenen Blöcken

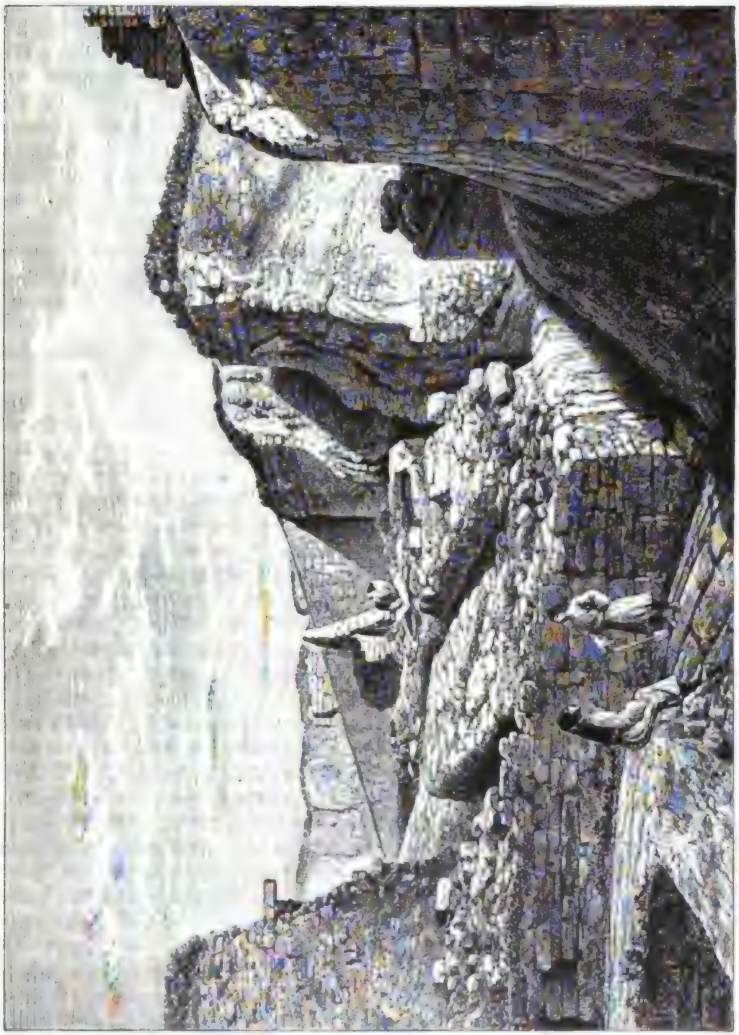


Abb. 367. Die Mauern Trojas. a Straße nach Troja; b äußere Mauer; c innere Mauer; d vorſpringende äußere Mauer; e irdene Krüge; f Ruinen des Marmortempels der Athene; g g helleniſche Mauern; h h Schuttmaſſen außerhalb Trojas; k Eingang zu den Ausgrabungen.

aufgedeckt. Auf Grund aller Ausgrabungen und Forſchungen gibt Schliemann über die zweite Mauer B folgendes an: „Sie iſt 10 Fuß (3,30 m) hoch, 6½ Fuß (2,17 m) dick und in der ſogenannten kyklopiſchen Bauart, in regelmäßigen

Lagen großer, aber nur wenig bearbeiteter viereckiger Kalksteinblöcke, die durch kleine verbunden sind, errichtet. Ihr Scheitel liegt gerade 34 Fuß (11,30 m) unter der Oberfläche des Bodens. Wie die Schuttlagen, die sich in schräger Richtung unter ihr hinziehen, zeigen, war sie ursprünglich auf dem steilen Abhange des Hügels erbaut. Die Menge ähnlicher Blöcke, die neben dieser Mauer liegen, scheint dafür zu sprechen, daß sie einst viel höher war. Als ich sie zuerst Ende Juli 1872 bloßlegte, war sie viel länger. Im Februar 1873 räumte ich sie teilweise fort, um die schon beschriebene merkwürdige Futtermauer A freizulegen. Diese erhebt sich unter einem Winkel von 45 Grad 6 Fuß (2 m) unter ihr und diente einem isolierten Sandhügel, der 20 Fuß (6,70 m) hoch zu sein scheint und dessen Kamm 20 Fuß (6,70 m) unter der jetzigen Bergfläche liegt, als Stütze. Diese Futtermauer können wir, wie ich oben darlegte, aller Wahrscheinlichkeit nach der ersten Stadt zuschreiben.

Auf diese Bewohner der zweiten Stadt müssen wir ferner mit hoher Wahrscheinlichkeit die große innere Mauer beziehen, die auf der vorstehenden Abbildung Nr. 367 mit c, auf der kleinen Skizze Nr. 368 mit a bezeichnet ist. Diese Mauer besteht gleichfalls aus großen Steinblöcken und fällt unter einem Winkel von 45 Grad nach Süden ab. Aber nur auf der Südseite besteht sie aus solidem Mauerwerk, auf der Nordseite ist sie nur vier oder fünf Lagen tief aus Stein erbaut und wird hier durch einen breiten Wall (r) aus losen Steinen und Schutt gestützt, woraus auch ihr Inneres größtenteils besteht. Unmittelbar südlich von dieser großen Mauer steht eine andere von gleicher Größe (b auf der Abbildung Nr. 367 und c d auf der Skizze Nr. 368), die offenbar von den dritten Ansiedlern erbaut wurde, und von der ich weiter unten sprechen werde. Nachdem die große innere Mauer eine Strecke weit in östlicher Richtung verlaufen ist, verengt sie sich und wird zu einer 11¾ Fuß (3,90 m) hohen, oben 6 Fuß (2 m), unten 12 Fuß (4 m) dicken Mauer aus soliden Steinen; diese Mauer wendet sich dann plötzlich nach Nordnordwest. Die Erbauer dieser letzteren Mauer gaben sich nicht die Mühe, die Erde vom Felsboden wegzuräumen, denn die Mauer steht auf einer den Fels bedeckenden 1 Fuß 9 Zoll bis 2 Fuß tiefen Erdschicht. Den Bewohnern dieser zweiten Stadt gehört offenbar auch die Errichtung des Tores mit seiner gepflasterten Straße an, die in südwestlicher Richtung zur Ebene hinabläuft; denn sowohl der untere Teil dieses Torweges als die Mauern, die ich durch Wegräumung einiger Steine des Straßenpflasters bloßlegte, zeigen genau die gleiche Bauart aus großen Blöcken von weißem Kalkstein. Wie das scharfe Auge meines Freundes Professor Sayce sofort entdeckte, wurde diese Straße von den zweiten Ansiedlern dadurch angelegt, daß sie gegen das, was bis dahin ein steiler Abhang gewesen war, einen Wall aus Schutt aufhäuften. Die Mauern, welche die Straße unter ihrem Pflaster kreuzen, können nur der Befestigung dieses Schutzdammes gedient haben."

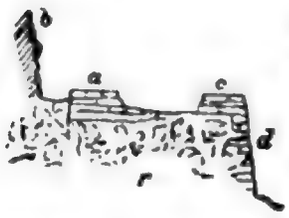


Abb. 368. Die Mauern Trojas.
Die größere äußere und innere Mauer.

Die Mauer der dritten Stadt endlich zeigt höchst eigenartige konstruktive Eigenheiten. Den neuen Ansiedlern schien die auf Abbildung 367 mit c bezeichnete Mauer kein genügender Schutz zu sein, war sie doch, da sie unter einem Winkel von 45 Grad abfiel, leicht zu ersteigen. Sie errichteten deshalb gerade vor ihr die große mit b bezeichnete Mauer, die nach Süden zu unter einem Winkel von 15 Grad steht, während sie auf der Nordseite gegenüber der alten Mauer c senkrecht ist. Den dadurch zwischen beiden Mauern entstehenden großen, dreieckigen hohlen Raum füllte man mit Erde

Digitized by Google

aus, die, wie die Ausgrabungen ergaben, vollkommen frei von Schutt war. Aber ebenſo wie die Mauer c beſteht auch die zweite Mauer b nicht aus ſolidem Mauerwerk, ſondern aus zwei Mauern, die etwa 2 m voneinander entfernt ſtehen, und von denen die auf der Südſeite ſich unter einem Winkel von 75 Grad hebt. Der Raum zwiſchen beiden Mauern wurde mit loſen Steinen ausgefüllt. Dieſe Ausfüllung erklärt auch, warum die ſüdliche Mauer einen Neigungswinkel von 75 Grad hat. Bei gerader Stellung hätte ſie, da ſie als Futtermauer für die loſen Steine dient, deren gewaltigen Druck wahrſcheinlich nicht ausgehalten. Beide Mauern ſind aus kleinen mit Ton verbundenen Steinen hergeſtellt und enthalten dem Anſcheine nach nicht einen einzigen bearbeiteten Block. Man legte die platte Seite der Steine nach außen und erzielte ſo eine leidlich glatte Mauerfläche. Die Mauerkrone war wie die der Mauer c mit größeren Steinen gepflaſtert. Da beide Mauern c und b gleiche Höhe hatten, und da der zwiſchen ihnen befindliche Zwiſchenraum bis oben hin mit Erde ausgefüllt war, ſo gewann man eine breite Plattform. Die Fortſetzung der Mauer b beſteht nur aus wenigen über dem Schutt der zweiten Stadt errichteten Lagen großer Steinblöcke. Auf dieſen Steinblöcken wurden Ziegelmauern errichtet, die man aber nicht unmittelbar daraufbaute, man legte vielmehr, da ſie wohl zu ſchwach erſchienen, um die Ziegelmauer zu tragen, erſt Tonkuchen darauf, auf denen ſich dann die Ziegelmauern erhoben. Dieſe Verwendung von Tonkuchen zur Herſtellung von Mauern iſt eine Eigentümlichkeit der Erbauer der dritten trojaniſchen Stadt. Sie kommen zwar auch ſchon in den erſten beiden Städten vor, doch bilden ſie hier nicht einen Teil des Bauſyſtems ſelbſt. Über den Grund, der zur Verwendung dieſer Tonkuchen führte, ſchreibt Burnouf: „Die neuen Anſiedler begannen damit, den Schutt über den Ruinen der zweiten Stadt zu ebnen: ſie füllten die Löcher und Höhlungen mit Steinen und anderem Material, an manchen Stellen bloß mit Aſche oder Ton aus und legten zur Konſolidierung des Bodens Tonkuchen (galettes) dazwiſchen.“ Über die auf den Tonkuchen ſtehende Ziegelmauer macht Burnouf folgende Mitteilung: „Bei A (Abb. 369) ſind 16 Ziegellagen, die mit einer aus zerſtoßenen Ziegeln bereiteten Maſſe miteinander verbunden ſind. Dieſe Ziegellagen reichen faſt bis zur helleniſchen Mauer c hinauf. Nach außen ſind ſie geneigt; die Tonkuchenmaſſe B, auf welcher ſie aufliegen, iſt 1,70 m dick; ſie ſind von ihr durch eine Schicht von Kalkſteinblöcken getrennt. Die Tonkuchenmaſſe B ruht auf der großen Mauer D, der Ringmauer, der Zitadelle. Später wurde dann die Stadt durch die über die Mauern geworfenen Schuttmaſſen erweitert. R bezeichne eine dieſer Schuttmaſſen, die eine Lage ſchwarzer Aſche N enthält. M iſt die Mauer eines Hauſes, das ſich an die helleniſche Mauer C anlehnt.“ Auf der Nordſeite ruht die Ziegelmauer dann anſtatt auf der Steinmauer auf einer Lage großer Platten,

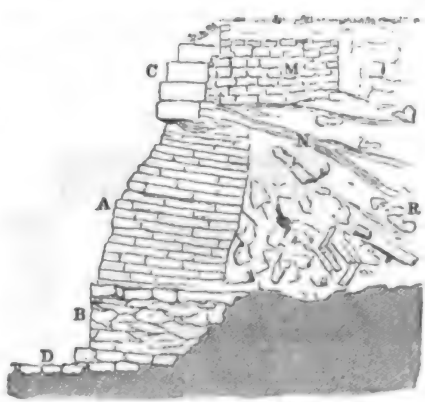


Abb. 369. Die auf den Tonkuchen ſtehende Ziegelmauer zu Troja.

Digitized by Google

die Ziegelmauer ſelbſt beſteht aus zwei parallelen Mauern, deren Zwiſchenraum mit zerbrochenen Ziegeln ausgefüllt iſt. Außerdem zeigt ſie teilweiſe einen weißen Bewurf.

In der Ilias werden ſowohl ein Wachtturm (XXII 145) wie auch ein anderer (XVI 700) erwähnt. Dies beweiſt, daß die Befeſtigungstechnik ſchon ſehr früh zwiſchen reinen Wachttürmen und den für die eigentliche Verteidigung gehörenden Türmen unterſchied. Gewöhnlich ſprangen, wie dies ja auch bei den mittelalterlichen Befeſtigungen noch der Fall iſt, die Wachttürme nicht aus der Mauer vor, während die Befeſtigungstürme durch ein ſolches Vorſpringen ein Überſchütten der zwiſchen ihnen liegenden Mauerfront und des dazugehörigen Grabenteils mit Pfeilen oder Geſchoſſen ermöglichten. Die Entfernung der Türme voneinander beträgt entſprechend der Tragweite der damaligen Waffen und Geſchütze zwiſchen 50 und 100 m. Die Türme ſpringen manchmal ſenkrecht zu dem dazwiſchenliegenden Mauerſtück der „Kurtine“ vor, manchmal bilden ihre Seiten einen Winkel damit, ſo daß ſie alſo dem Feinde eine Mauerkante zukehren. Dieſe Stellung erſchwert das Beſchreiten der Kurtine, weshalb man bei manchen Befeſtigungsanlagen den Turm in einen Winkel der Kurtine hineinſtellt oder die Kurtine zwiſchen den Türmen bricht. Anſtatt des, wie oben erwähnt wurde, ſchon in Meſopotamien üblichen trichterförmig ſich verengenden, durch Türme flankierten Toreingangs kommen ſpäter ſechseckige Türme als Torflankierung zur Anwendung, wodurch dieſelbe Wirkung erzielt wird. Rundtürme ſind im allgemeinen ſelten, doch kommen ſie in einzelnen Fällen wie z. B. zu Meſſene zur Anwendung.

Die Tore.

Ganz beſondere Sorgfalt wurde der Bewehrung der Eingangstore zugewendet. Außer den feſten Türmen, die das Tor flankieren (Abb. 370), bringt man noch beſondere Mauervorſprünge an, hinter denen das Tor verborgen liegt. Zu dem Tor aber führt der vielfach geſchützte Weg, der unter Umſtänden im Winkel umbiegt, ſo daß hier Stockungen entſtehen oder Wegſtrecken geſchaffen werden, die entweder gut beſtrichen werden können oder die bei Ausfällen den Verteidiger in den Stand ſetzen, das Vorgelände unverwundet zu erreichen. Hinter dem Tor iſt oft ein Hof, der ſtadtwärts durch ein zweites Tor abgeſchloſſen wird und dazu dient, die Truppen aufzuſtellen, zu muſtern, abzulöſen oder vor Ausfällen zu verſammeln. Auch kann der bereits durch das Außentor eingedrungene Feind hier durch Schließen des nach der Stadt führenden

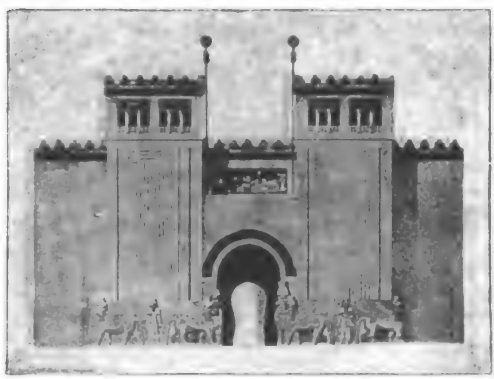


Abb. 370. Tor mit flankierenden vorſpringenden Türmen. Rekonſtruktion des Tores zum Sargon-Palaſt.

Digitized by Google

Tores am weiteren Vordringen verhindert, festgehalten und unter Umständen vernichtet werden.

Beispiele für besonders gut angelegte Tore bieten vor allem die Burgen von Tiryns und Mykenä. Die Mauern von Tiryns enthalten Steinblöcke von 2—3 m Länge, 1 m Breite und 1—2 m Dicke. Das Gewicht einzelner Stücke beläuft sich auf 20 000 kg. Die Mauern zeigen keine Böschungen, sondern steigen senkrecht in gewaltiger Größe empor. Die Hauptmauer von Tiryns umzieht einen Hügel von etwa 100 m Länge und 300 m Breite, der in drei Abteilungen zerfällt. Auf der höchsten lag die alte Königsburg, die mittlere enthielt die Wohnungen von Vasallen und Dienerschaft, die untere war die eigentliche Stadt. Die Mauern der einzelnen Abteilungen zeigten sehr verschiedene Dicke. Während manche nur etwa 7—8 m dick sind, beläuft sich die Dicke anderer auf nicht weniger als 16 m. Die den Aufgang der Burg bildende Rampe ist nun so angelegt, daß der gegen das Tor zu Schreitende die linke, den Schild tragende Hand nach außen hielt; die rechte Hand war der Umfassungsmauer der Burg zugewendet. Dadurch war er schon infolge seiner Stellung ziemlich wehrlos, konnte er ich doch gegen die Mauern zu nicht mit dem Schilde decken und auch keine Speere usw. nach oben schleudern. Das Tor hatte eine Breite von 2—3 m und war durch Schieberiegel zu verschließen, für die die Aussparungen noch in der Tormauer vorhanden sind. Die Tür war keine Flügeltür, sondern, wie die Spuren in der noch erhaltenen Schwelle und dem zertrümmerten Türsturz zeigen, eine Drehtür. Sie hatte in der Verlängerung ihrer Längsachse Zapfen, die sich in den in der Mitte von Schwelle und Sturz befindlichen Zapfenlagern drehten. Beim Öffnen der Tür ragte also die eine Hälfte nach innen, die andere nach außen. Der mit dieser Eigenart nicht vertraute Feind, der gegen beide Türhälften drückte, hielt sie dadurch selbst eine Zeitlang im Gleichgewicht und wurde so aufgehalten, was es ermöglichte, ihn von der Mauer her länger zu beschießen. Hinter dem Tore schloß sich ein weiteres Verteidigungswerk, ein durch Mauern geschützter Gang an. Ein stark befestigter Turm enthielt die zur Versorgung der Besatzung mit Trinkwasser so notwendige Zisterne, die überhaupt in vielen alten Befestigungsanlagen noch ganz besonders geschützt wird. Dann kommt ein Doppeltor, hinter dem der Weg immer noch zwischen hohen Mauern weitergeht. An den Eingang schließen sich seitwärts Kasematten an, die die ältesten Spitzbogengewölbe tragen. Wir werden auf die Konstruktion dieser Spitzbogen weiter unten eingehender zurückkommen[1]). Wie zielbewußt der Baumeister dieser Anlage vorging, mag man daraus ersehen, daß nur die Umfassungsmauern und einige Fundamente aus den schon erwähnten gewaltigen Steinblöcken hergestellt wurden. Alle im Innern der Anlage befindlichen Bauten und Mauern bestehen aus Ziegeln, Lehm und Holz.

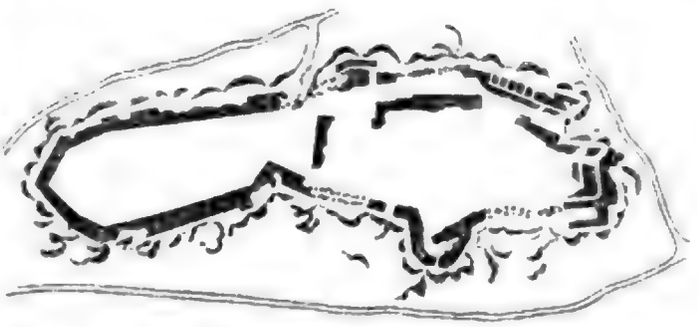


Abb. 371. Befestigung der Burg zu Tiryns.

In ähnlicher Weise ist die Burg von Mykenä ausgestaltet, bei der vor und hinter dem Eingange, dem berühmten Löwentor, der Weg zwischen gewaltigen

[1]) Siehe Seite 297 u. 298.

Mauern hinführt, von denen aus der gegen das Tor vordringende oder bereits eingedrungene Feind erfolgreich bekämpft werden kann. Während die Befestigungsmauern von Tiryns ausschließlich aus nicht weiter bearbeitetem Kyklopenmauerwerk bestehen, enthalten die von Mykenä außer diesem auch kunstvoll behauene und sorgfältig aneinandergefügte Quadersteine. Aber auch hier beschränkt sich, ebenso wie bei der Anlage der Burg von Knossos auf der Insel Kreta, die Verwendung derartig widerstandsfähigen und gewaltigen Steinmauerwerks nur auf die Befestigungsanlage sowie auf Unterbauten. Die übrigen Gebäude mit Ausnahme der gleichfalls aus festem Stein hergestellten Grabkammern sind aus leichtem vergänglichen Material, aus Ziegeln oder Lehm hergestellt. Mußten derartige Befestigungen in der Eile hergestellt werden, so ging man von dem Grundsatze, für sie das beste Steinmaterial zu verwenden, nicht ab. Im Jahre 479 v. Chr. baute Themistokles in aller Eile Athen zu einer Festung aus und verband sie trotz Widerspruchs der Spartaner mit dem ebenfalls befestigten Piräus. Wie uns verschiedene Autoren berichten (Thukydides I 90; Cornelius Nepos: Themistokles 6), verwendete man zum Bau dieser in Eile hergestellten Mauer als Steine Grabplatten, die heute noch an den Resten dieser Mauer am Dipylon zu sehen sind. Da ihre Menge nicht genügte und die Beschaffung weiteren Steinmaterials zu viel Zeit erfordert hätte, so wurde der Oberbau der themistokleischen Mauer aus Lehmziegeln hergestellt.

Abb. 372. Ein Teil der unter Themistokles 479 v. Chr. errichteten Stadtmauer von Athen.

Abb. 373. Die von Themistokles errichtete Stadtmauer von Athen. Teilansicht.

Auch die Tore verraten durch ihre Konstruktion, daß sie mit großer Überlegung und zum Teil unter Aufwand eines ziemlichen Maßes technischer Kenntnisse hergestellt sind. Sie haben sich in den Befestigungen deshalb technisch ganz besonders gut entwickelt, weil hier infolge des verwendeten Materials einzelne ihrer Teile stets sehr schwere Lasten zu tragen hatten. Zunächst, bei den einfachsten Toren, legte man den Sturzblock einfach oben quer über die bei den Pfosten und fügte das durch diese Teile sowie die Schwellenlinie gebildete Rechteck ohne weiteres in die Mauer ein. Um ein geräumiges Tor zu schaffen, mußte man den Sturzblock verbreitern. Dadurch wurde er schwerer und stellte höhere Anforderungen an die Tragfähigkeit der Pfosten. Man half sich dadurch, daß man diese schief stellte, so daß sich die Töröffnung nach oben

Digitized by Google

zu verjüngte. Dadurch blieben bei größerer unterer Öffnung die obere und mit ihr der Sturzblock klein. Er war der Gefahr des Berſtens unter dem auf ihm laſtenden Drucke weniger ausgeſetzt als ein langer über gerade ſtehende Pfoſten gelegter Block. Dann aber verfiel man noch auf ein weiteres Hilfsmittel, um den Sturzblock zu entlaſten und ſein Zerbrechen zu verhüten. Das Löwentor von Mykenä iſt nach Reber, deſſen Angaben wir dieſen Ausführungen zugrunde legen, ein klaſſiſches Beiſpiel dafür, wie man dabei vorging. Man ſchuf über dem Sturzblock eine Öffnung, eine Art von zweitem Tor, ein Entlaſtungsloch, indem man von der Seite her die Mauer allmählich vorkragte und abſchrägte. So bildete ſich über dem Sturzblock, der nun nicht mehr durch die darauf liegende Mauer belaſtet war, eine freie Öffnung von dreieckigem, trapezoidiſchem oder polygonem Querſchnitt, die dann entweder, wie z. B. beim Tor von Meſſene, frei gelaſſen oder durch leichteres Mauerwerk ausgefüllt wurde, auf dem man, wie beim Löwentor von Mykenä, noch plaſtiſchen Schmuck anbringen konnte. Denkt man ſich bei einem Tore, das über dem Sturzblock das eben beſchriebene Entlaſtungsloch trägt, den Sturzblock und die ihn tragenden Pfoſten weg, ſo kommt man zu einer Torkonſtruktion, wie wir ſie an antiken Befeſtigungen gleichfalls antreffen und z. B. an einer Mauerpforte in Meſſene vorfinden. (Abb. 375.)

Abb. 374. Löwentor von Mykenä.

Abb. 375. Tor von Meſſene (reſtauriert).

Die Mauer ſelbſt bildet die ſenkrechte Begrenzung des Toreingangs und ſchließt ſich über dieſem infolge Vorkragung und Abſchrägung in Form einer dreieckigen Öffnung zuſammen. Wird die Abſchrägung etwas geſchweift gehalten, ſo entſteht das ſpitzbogige Tor (Tor von Epheſus). Beginnt man mit Vorkragung und Abſchrägung unter Weglaſſung aller ſenkrechten Begrenzungsflächen des Toreingangs ſofort unten an der

Digitized by Google

Schwelle, ſo entſteht eine dreieckige Toröffnung (Tor von Miſolunghi, Abb. 376) bzw. wenn die Abſchrägung geſchweift gehalten wird, eine ſpitzbogige (Tor von Thorikos, Abb. 377). Bei ſenkrechter Eingangsbegrenzung gibt die Vorkragung der oberen Mauerteile aber auch ein Mittel an die Hand, den Sturzblock zwar anzubringen,

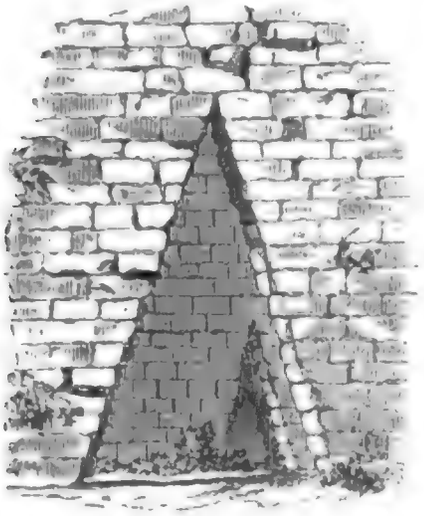


Abb. 376. Tor von Miſolunghi.

Abb. 377. Tor von Thorikos.

ihn aber ſehr klein zu halten (Tore von Phigalia, Abb. 378, und Amphiſſa). Dieſe Vorkragung kann aber auch wieder mit Abſchrägung verbunden werden (Tore von Samos, Abb. 379, Abä und Samothrake). Ein praktiſches Mittel, das im übrigen

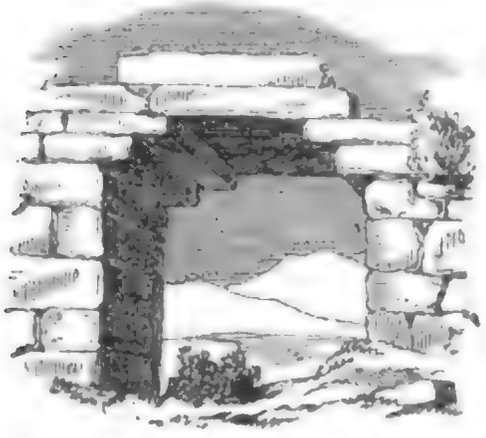


Abb. 378. Tor von Phigalia.

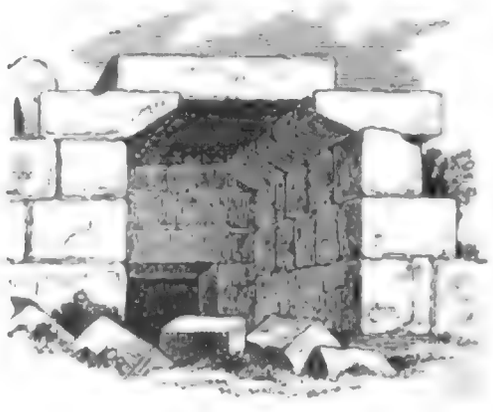


Abb. 379. Tor von Samos.

auch bei ägyptiſchen Bauten, z. B. den Pyramiden angewendet wurde, um den Sturzblock zu entlaſten, beſteht darin, daß man ihn von vornherein teilt. Die beiden Teile werden ſchräg gegeneinandergeſtellt und ruhen mit ihren unteren Flächen auf dem das Tor begrenzenden Mauerwerk oder auf Stützpfeilern auf. Dann wird der Druck des auf dieſem Dache ruhenden Mauerwerks in ähnlicher Weiſe wie bei vielen Brückenkonſtruktionen auf die Seitenpfeiler bzw. die Seitenmauern übertragen und dadurch der (geteilte) Sturzblock entlaſtet. Ein Beiſpiel für dieſe Konſtruktion bildet das Tor von Delos.

Digitized by Google

Befestigungsanlagen der Römer.

Die Befestigungsanlagen der Römer ähneln denen der Griechen im allgemeinen sehr, ja sie weisen zuweilen mit solcher Deutlichkeit gewisse altgriechische Eigentümlichkeiten auf, daß der Ursprung der Überlieferung unverkennbar ist. Als Beispiel sei das befestigte Lager von Pintian an der Bucht von Verudella bei Pola erwähnt, das in bezug auf seine Ausgestaltung und die Anlage des Zugangs an die oben beschriebenen Befestigungen von Tirnys und Mykenä erinnert. (Abb. 380.) Anthes macht darüber folgende Angaben: „Das gesicherte Plateau (Durchmesser 100 Schritte, Meereshöhe 50 m) ist durch Aufführung einer aus trockengelegten Blöcken und Bruchsteinen bestehenden Futtermauer und Ausfüllung des zwischen ihr und dem höchsten Teile des Hügels liegenden Raumes geschaffen. 3—6 m unterhalb der Mauer läuft in wechselnder Breite von 20—60 Schritt ein Wallgang, der sich gegen die weitere Abdachung des Hügels abermals durch eine wallartige Mauer aus Stein abschließt. Der Zugang zur Anlage läuft am Nordrand eines Höhenrückens, der die Burg gegen das Land zu mit anderen Höhenzügen verbindet. Die Straße wird, sobald sie sich nähert, ununterbrochen von Mauerzügen flankiert, wodurch ein Defilée geschaffen ist, in dem allein der Angreifer den schwächsten Teilen der Anlage sich nähern kann. Sobald diese Zugangsstraße den Wall tangential getroffen hat, läuft sie mehr als 100 Schritt am Fuß eines wallartigen Bollwerks so hin, daß der Angreifer im Vordringen dem Verteidiger seine rechte Seite preisgeben muß."

Abb. 380. Das befestigte Lager von Pintian.

Auch die eingehende Beschreibung, die Vitruv (I 5) über die Anlage der Mauern und Türme gibt, enthält fast nichts, was nicht schon eine Eigenart der mesopotamischen, ägyptischen und der griechischen Befestigungen gewesen wäre. Auch er weist darauf hin, daß der Eingang eine Lage haben müsse, die den Feind zwingt, die mit dem Schilde gedeckte Seite nach außen zu wenden. Er gibt des weiteren die Lehre, daß die Städte nicht im Viereck, noch mit vorspringenden Ecken, sondern in kreisförmigen Biegungen anzulegen seien, „so, daß der Feind von mehreren Plätzen aus gesehen werden könne; denn bei den Städten, wo die Ecken vorspringen, ist die Verteidigung schwierig, weil die Ecke mehr den Feind schützt als den Bürger". Vitruv scheint hier für eine alte Eigenart der römischen Befestigung, deren Entstehung wir oben bereits (siehe Seite 280) zu erläutern versuchten, eine Erklärung gesucht zu haben, die aber wenig stichhaltig erscheint, denn einerseits findet sich die Ecke noch an späteren Befestigungen des Mittelalters und der folgenden Jahrhunderte, andererseits erscheint es praktischer, die Ecke durch einen Turm als durch Abrundung zu vermeiden. Außerdem aber wird bei manchen römischen Befestigungsanlagen die gerundete Ecke durch davorgestellte Anbauten oder Bauteile gekantet bzw. abgeschrägt (z. B. Kastell von Niederbieber; Eckenbildung im „Novus vicus" bei Heddernheim). Als Türme empfiehlt Vitruv runde oder vieleckige; denn die viereckigen werden von den Belagerungswerken leichter zertrümmert, weil die Widder durch ihren Stoß die Ecken brechen —, „bei Rundungen aber können sie, da sie die keilförmigen Steine nach dem Mittelpunkte treiben, nicht verletzen".

Römische Mauern, die uns zeigen, daß man die Lehren Vitruvs bzw. schon vor ihm die alten aus dem Orient stammenden Überlieferungen Griechenlands

Digitized by Google

genau befolgte, sind uns in zahlreicher Menge erhalten. Vitruv gibt an, daß man die stärksten Mauern erhält, wenn man außerhalb der zu errichtenden Werke einen möglichst tiefen und breiten Graben zieht und die daraus gewonnene Erde als Wall zwischen zwei innen und außen aufzuführenden Mauern aufhäuft. Wenn dieser Wall fest genug gestampft ist, um auch dann für sich zu stehen, wenn in die äußere Mauer Bresche gelegt ist, so hat man die stärksten Mauern, gegen die weder mit Widdern noch mit anderen Maschinen noch endlich durch Minen erfolgreich vorgegangen werden kann. Sieht man vom äußeren Wallgraben ab, der bei den Werken Pompejis fehlt, weil er wahrscheinlich in späterer Zeit, als die Stadt zu einer offenen wurde, planiert worden ist, so finden wir hier alle Merkmale der Vitruvschen Angaben. Overbeck sagt über die Mauern Pompejis: „Betrachten wir den Grundriß der Mauer (Abb. 381), so finden wir zwischen der äußeren Mauer (Escarpe) a

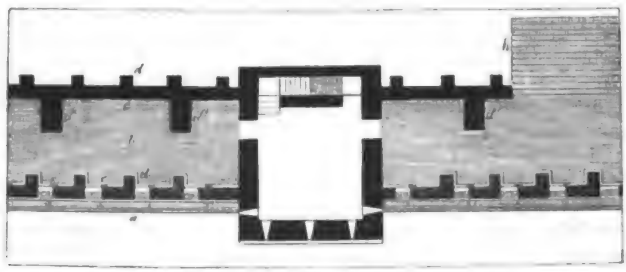


Abb. 381. Grundriß der Stadtmauer Pompejis.

und der innern (Contrescarpe) c, welche beide durch nach innen gelegte Strebepfeiler d verstärkt sind, den aufgeschütteten Wall (agger) b. Die Contrescarpe hat außer den nach der innern Seite des Agger vorspringenden Strebepfeilern d in größeren Intervallen auch noch solche, welche in den Agger eingreifen (d'), und welche auch diesem einen größeren Halt gegeben haben mögen.

Die äußere Mauer steht nach außen hin nicht ganz senkrecht, sondern ist nach oben um ein geringes (etwa 0,50 m) eingezogen. Diese äußere Mauer und der Erdwall in der Mitte ist, einige Abweichungen durch Unebenheiten des Terrains abgerechnet, im Mittel etwa 8—8,50 m hoch, letzterer zwischen der Brustwehr der vordern und der höhern hintern Mauer gemessen 5,20 m dick. Der Wall ist auf seiner obern Fläche ein wenig nach vorn geneigt, um dem Regenwasser einen Abfluß durch unter dem Zinnenkranz in Abständen von etwa 2,70 m angebrachte Ausgußrohre von Stein zu gewähren. Über diese Platten des Walles steigen die Brustwehren der vordern Mauer um 1,30 m empor, indem sie zwischen sich 0,80 m breite und ebenso tiefe Schießscharten zum Abschleudern der Wurfgeschosse lassen, von welchen aber mehrere vermauert oder nicht geöffnet sind. Sie springen, wie die Abbildung einer Innenansicht und der kleine Grundriß zeigt, auf der Höhe der Brustwehr im rechten Winkel nach innen um 0,95 m vor und bilden auf diese Weise von zwei Seiten einen festen steinernen Schild des hinter ihnen stehenden Postens, der zum Wurfe seines Speeres sich nur auf einen Augenblick nach rechts vor die Öffnung (Schießscharte) zu bewegen hatte und gleich darauf wieder seinen Platz hinter der schützenden Wehr einnehmen konnte, die ihm gerade einen freien Blick auf die Angreifer gestattete. Über das Plateau des Walles erhebt sich nun die innere Mauer noch um 5,30 m, so daß diese die Gesamt-

Digitized by Google

höhe von im Mittel 13 m erreichte, genügend, um jeden Wurf aus Ballisten oder anderen Maschinen abzuwehren." Über die Ausgestaltung der in der Mauer befindlichen

Abb. 382. Durchschnitt der Stadtmauer von Pompeji.

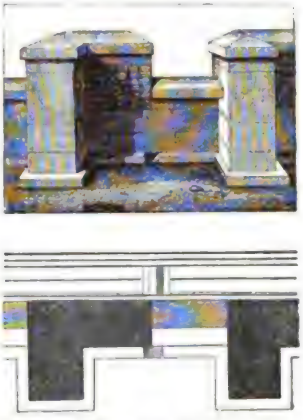


Abb. 383 u. 384. Die Brustwehr der Mauern von Pompeji.

Türme geben die Abb. 385—389 hinreichend Aufschluß; sie bedürfen wohl keiner weiteren Ausführungen.

Besondere Sorgfalt wendeten die Römer auf die Ausgestaltung der Tore, deren Oberteil insbesondere in späterer Zeit fast stets bogenförmig ausgestaltet wird, und

Abb. 385. Turm in der pompejanischen Stadtmauer. Ansicht.

Abb. 386. Durchschnitt durch einen Turm der Stadtmauer von Pompeji (s. auch Abb. 387—389).

die oft mehrere Durchgänge erhalten, sowie teilweise zu monumentalen Bauwerken werden. Der Bogen selbst scheint ebenfalls aus dem Orient übernommen zu sein, wo er in Form bogenartiger Überdachungen von Straßenkreuzungen (tetrapyla) schon

Digitized by Google

im Altertum vorkam. Viele dieser Bogen gestatten ein Durchschreiten in allen vier Richtungen (quadrifons).

Abb. 387—389. Die drei Geschosse eines pompejanischen Mauerturms.

a Ausfalltor (durch Fallgatter verschließbar); b schief nach dem ersten Geschoß führende Gänge: b' und b'' Treppe zum zweiten Geschoß bzw. zur Plattform; c c Schießscharten; d Türen nach der Mauer bzw. dem Wall (s. auch Abb. 386).

Seine höchste Ausbildung erhält aber das Befestigungstor bei den Römern dadurch, daß es zu einer Art von Befestigungsburg wird. Eines der typischsten Beispiele für eine derartige altrömische Torburg ist wohl die „Porta nigra" in Trier. (Abb. 390 u. 391.) Ebenso wie bei den kleinen viereckigen, in gleicher Entfernung voneinander stehenden Wachttürmen am ▸ Limes (Abb. 392, S. 303), die in ihrem unteren Teile dem Feinde gleichfalls nur die nackten Steinwände darboten, so daß er keinen Angriffspunkt fand, ist auch hier das Erdgeschoß ganz ohne Fenster. Über den davorliegenden, jetzt nicht mehr vorhandenen Graben führte eine Brücke gegen die beiden wiederum

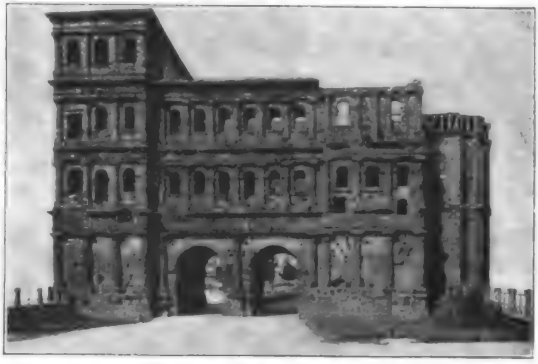


Abb. 390. Die Porta nigra in Trier. Ansicht von innen.

Abb. 391. Die Porta nigra in Trier. Ansicht von außen.

rundbogigen Tore. Der Angreifer, der sich ihnen näherte, konnte aus den darüberliegenden Doppelreihen von Fensteröffnungen sowie von den dreigeschossigen Flankierungstürmen aus kräftig beschossen werden. War es ihm aber gelungen, die Brücke zu nehmen, die durch starke Riegel verwahrten Tore sowie das dahinter befindliche Fallgatter zu sprengen, und stürmte er hierauf in dem Wahne, sich nun der Stadt bemächtigen zu können,

Digitized by Google

in die Toröffnung hinein, ſo lauerte hier das Verderben. Die Angreifer kamen in einen Hof, deſſen nach der Stadt führende Durchgänge geſchloſſen und verrammelt waren. Auf dieſen Hof mündeten aber die Fenſter der Torburg, aus denen der Verteidiger den Wurfſpeer (pilum) in Maſſen auf ſie ſchleudern konnte. Noch eine andere Eigenart römiſcher Befeſtigungstechnik zeigt uns Trier. Man hat hier das Amphitheater, alſo eine Stätte der Luſt und der Vergnügungen, derart in den Ring der Mauern hineingebaut, daß es gleichfalls zu einem Mittel der Verteidigung wird. Dabei ging man in der Weiſe vor, daß man die Mauer nicht um das Amphitheater herumführte. Sie überbrückt vielmehr ſeine nördlichen Eingänge und zieht ſich dann in einem gleichlaufenden Bogen um die der Stadt zugewandte Langſeite der Arena herum. Ihre Grundmauern ſtehen in dem zur

Abb. 392. Römiſcher Wachtturm vom Limes. Modell auf der Saalburg.

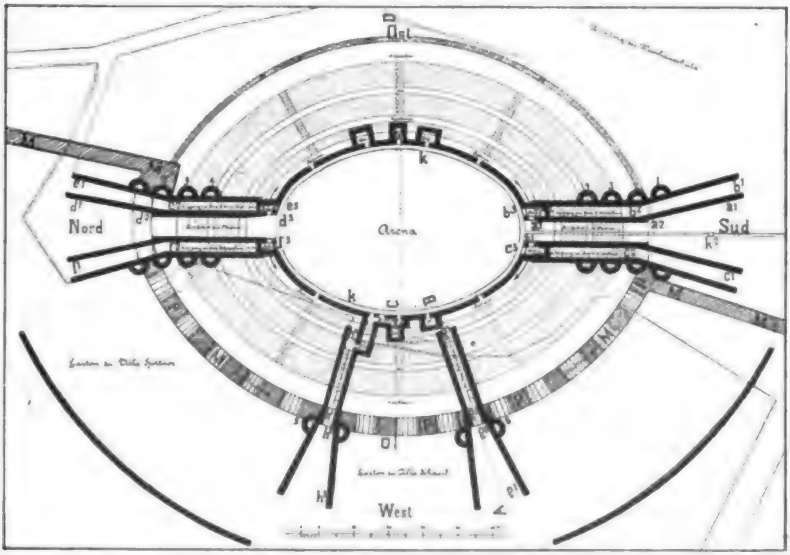


Abb. 393. Plan des Amphitheaters zu Trier. M M P P: Römiſche Stadtmauer. (P Pfeiler, M Bogen.)

Digitized by Google

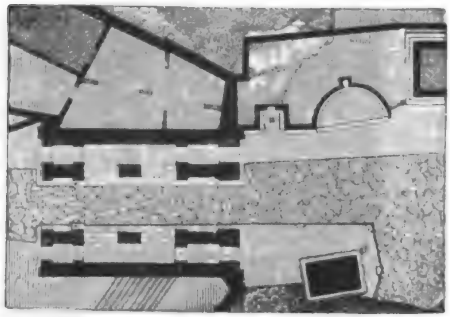


Abb. 394. Plan des Herkulaner Tors zu Pompeji.

Der mittlere Torweg iſt als Doppeltor ausgebildet, deſſen innerer Hof, wenn die Feinde eingedrungen waren, durch Fallgatter und gegen die für Fußgänger beſtimmten Nebenwege durch Türen abgeſchloſſen und von den Wällen aus beſtrichen werden konnte.

Aufnahme der Sitzreihen künſtlich aufgeſchütteten Hügel. Ehe die Mauer an die Südſeite der Arena kommt, biegt ſie wieder in ihre alte Nordrichtung um. Der Zweck dieſer Anlage iſt klar. Die ſtark vertiefte Arena lag vor der Mauer, ſie bildete einen gewaltigen Wallgraben, eine rieſige Fallgrube, in der der Feind, wenn er in ſie eingedrungen war, wirkſam beſchoſſen werden konnte. (Abb. 393.)

An verſchiedenen Toren Pompejis, vor allem am Herkulaner-Tor, tritt uns die Geſtalt der Torburg gleichfalls entgegen, wie aus der beiſtehenden Abb. 394 zu erſehen iſt.

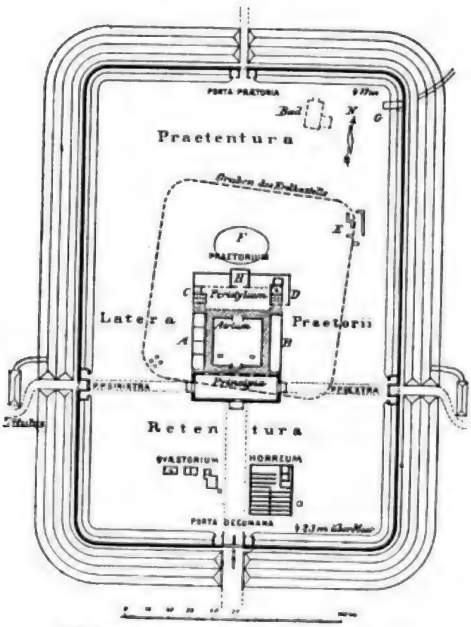


Abb. 395. Grundriß des Kaſtells Saalburg.

Auf dieſer Abbildung der Graben des alten Erdkaſtells ſowie die den Mauern vorgelagerten Doppelgräben, die Via sagularis uſw.

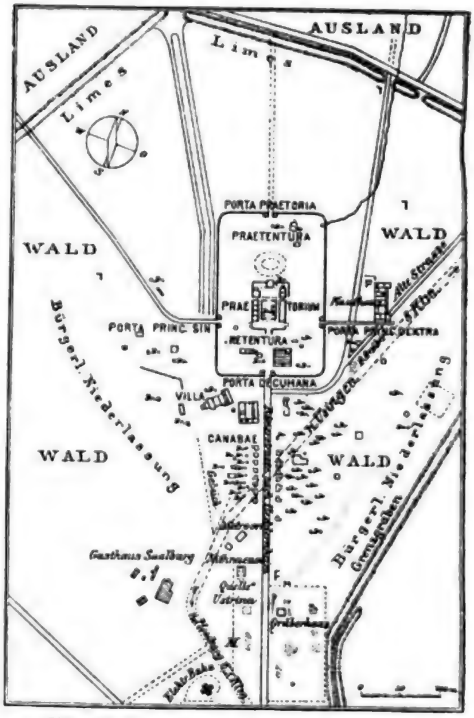


Abb. 396. Lageplan des Kaſtells Saalburg.

Digitized by Google

Auch die Feldlager, die Kaſtelle, zeigen bei ſehr wechſelnder Größe und bei der faſt ſtändigen ſchematiſchen Form des Rechtecks mit abgerundeten Ecken alle die vorſtehend behandelten Merkmale altrömiſcher Befeſtigungstechnik. (Abb. 395—400.) Die Umfaſſung beſteht, wie vor allem die Saalburg ſehr gut erkennen läßt, aus einer ſtarken, mit Zinnen verſehenen Mauer. Die Zinnen ſind ebenſo wie in Pompeji als Niſchen ausgebildet. Innen am Wehrgang entlang zog ſich eine gepflaſterte Umgangsſtraße, die via sagularis, hin. (Abb. 397.) Vor der Wallmauer befindet ſich, ebenſo wie bei den Befeſtigungen Trojas, ein Umgang von etwa einem Meter Breite, vor dem zwei Gräben liegen, die den charakteriſtiſchen Querſchnitt der römiſchen Spitzgräben zeigen. Gegen den Feind zu liegt dann noch ein Damm. Das Kaſtell hatte die bekannten zwei ſich kreuzenden Hauptſtraßen der römiſchen Anſiedlungen, vier rundbogige Tore, von denen die porta decumana als Doppeltor ausgebildet war. (Abb. 398 und 399.) Die Tore ſind von niederen Türmen flankiert. Die Gräben ſind an der Stelle der Tore teils unterbrochen, teils überbrückt. Seitentürme und Ecktürme ſind nicht vorhanden. Der Doppelgraben war, ebenſo wie der 540 km lange Limes, als Pfahlgraben ausgebildet. Seine Herſtellung erfolgte in der Weiſe, daß man jeden Pfoſten einzeln mit dem Schlägel eintrieb, nachdem man ihn zugeſpitzt und ſeine Spitze, um ſie vor Fäulnis zu hüten, angekohlt, vielleicht auch mit Eiſen beſchlagen hatte. Die Pfähle hatten etwa Arm-

Abb. 397. Tor der Saalburg (Porta sinistra). Innenanſicht und links davon Zinnennischen mit via sagularis.

Abb. 398 u. 399. Die Porta decumana der Saalburg. Außenanſicht mit Brücke, Doppelgraben, Mauer mit Zinnen uſw. Innenanſicht mit Doppeltor uſw.

Digitized by Google

Ufer, machen ungefähr 1 m tief eingehöhlungen und durch ein Geflecht aus Ginsterästen Holzstaken sicherzustellen durchführungen. Auf der Innenseite wurden starke Strecken eingerichtet, die die Befestigungswerke hielten. Dann wurde in etwa einem halben Meter Abstand ein ungefähr 1 m tiefer Graben ausgehoben, wobei die Erde gegen den Befestigungswall geworfen wurde. Die Berme zwischen Graben und Wall ist der feindlichen Sprengung von Gruben erheblichen Schutzes zu bieten, machen im innern Hindernis des Grabens durch Befestigungsmöglichkeiten für die Pfeilschützen sowie Schutzstätten für diese selbst hergestellt. Auch vor der Herstellung

Abb. 466. Brunnenkammer (Farbgrotte) auf der Saalburg mit Bronnen.

Abb. 467. Der Limes und die an ihm liegenden Kastelle.

der Gruben bogann man denn mit der Aufführung der Bronnen, die nun bei der Sauberung erft ein aus Erde, Rasen und Steinen bestehender Damm war, der durch breiten Rasen unterstützt, durch Querhallen verstärkter Pfosten zusammengehalten

Digitized by Google

wurde. Dann errichtete man eine Holzmauer, bestehend aus Holzpfosten, deren Zwischenräume mit Flechtwerk und Holz geschlossen waren. Erst dann erfolgte der Bau einer Steinmauer in Form zweier Parallelmauern von je 80 cm Stärke, deren Zwischenraum mit Erde ausgefüllt wurde. Um sie gegen den Erddruck zu festigen, wurde sie mit Balken zusammengehalten. Auf der Brüstung war ein Wehrgang aus Flechtwerk angebracht. Zuletzt ging man an die Aufführung der jetzt wieder hergestellten Steinmauer sowie an die Verdoppelung des Grabens, der aber nicht mit Wasser gefüllt wurde. Er sollte nur den anstürmenden Feind aufhalten und seinen Zusammenhalt lockern.

Literatur zum Abschnitt „Befestigungen" siehe hinter dem Abschnitte: „Bauarten, Bauausführung und Baustoffe".

Digitized by Google

Städtiſche Straßen und Plätze.

Die Städte des Altertums wieſen in bezug auf die Anlage ihrer Straßen und Plätze ſo ziemlich genau dieſelben Züge auf. Meiſt hatte man eine oder auch mehrere Prachtſtraßen, die gewöhnlich auch gepflaſtert waren, und an die ſich dann die Nebenſtraßen anreihten, die entweder ſchlechteres oder gar kein Pflaſter hatten. Der Anfang der Pflaſterung verliert ſich im Dunkel der Vorzeit. Wo wir überhaupt auf Städte treffen, ſei es nun bei den Babyloniern, bei den Ägyptern oder den Griechen, finden wir bereits Pflaſter vor. Außer dem Pflaſter wurde aber auch noch eine Art von Makadam verwendet, d. h. man ſtampfte kleingeſchlagene Steine, den ſogenannten „Kleinſchlag", im Untergrunde feſt. War dieſer Schotter durch den Verkehr zu Staub zermahlen, ſo wurde von neuem aufgeſchüttet. Man kann alſo wohl behaupten, daß ſo ziemlich alle Arten des Pflaſters, die wir jetzt kennen, mit Ausnahme vielleicht des Holzpflaſters, ſchon im Altertum Verwendung fanden, denn ſogar Aſphalt findet ſich auf den Bürgerſteigen Pompejis als Pflaſterdecke. Das Steinpflaſter war ſowohl Kopfpflaſter wie Plattenpflaſter.

Auch das Einebnen eines ungleichmäßigen Straßenprofils durch Einfüllen von Schutt und Sand in die Unebenheiten und unter Umſtänden Feſtſtampfen darin war bekannt. Ebenſo kannte man auch die Wölbung der Straßendecke zu dem Zwecke, dem Regenwaſſer den Ablauf zu geſtatten.

Die hohe Kultur des ſtädtiſchen Straßenausbaues und der Straßenbautechnik ſcheint ſich ebenſo wie die Befeſtigungstechnik vom Orient oder von Kleinaſien aus über die Welt verbreitet zu haben. Außer den Ausgrabungen zu Babylon, Ninive uſw. uſw. beweiſen dies vor allem die Forſchungen in Palmyra, der der Sage nach von König Salomo gegründeten Hauptſtadt der ſyriſchen Landſchaft Palmyrene. Hier beweiſt das Prachttor (Abb. 402 S. 309), das den heutigen Anfang der Säulenſtraße bildet, durch ſeinen dreieckigen Grundriß, daß man damals ſchon Knicke in den Straßenzügen monumental zu betonen verſtand. An das Tor ſchließen ſich die vier Säulenreihen der berühmten Säulenſtraße an — eine Straßenart, die im Altertum häufig auftritt, und die wir in Alexandria, Antiochia, Seleukia, Epheſus, Geraſa uſw. uſw. wiederfinden. Von den Griechen ging die Säulenſtraße auf die Römer über (Timgad, Lambaeſis, Dugga, Tebeſſa). Die Säulenſtraße Palmyras (Abb. 403 S. 310) beſtand aus einem Fahrdamm von 11 m Breite und hatte zwei überdeckte Bürgerſteige von 5½ m Breite. Ihre Länge betrug 1½ km, auf die 1500 Säulen verteilt waren, deren Höhe meiſt 17 m betrug. Noch heute zeigt eine aus einem einzigen Blocke beſtehende Säule aus blaugeſprenkeltem Granit von 11 m Länge die hohe Kunſt der damaligen Steinbearbeitung. Von dem über den Bürgerſteigen befindlichen Umgang, deſſen Vorhandenſein übrigens von mancher Seite angezweifelt wird, konnte man auf das Leben und Treiben in der Straße hinabſchauen.

Digitized by Google

Ein derartiges Vorbild mußte natürlich befruchtend wirken. Freilich gilt dies nur für die Prachtſtraßen. (Abb. 405 S. 311.) Die Nebenſtraßen ſahen, weil die Privat-

Abb. 402. Prachttor in Palmyra.

gebäude keine oder nur wenige Fenſter nach der Straße zu hatten und auch in architektoniſcher Hinſicht faſt überall keinerlei Ausgeſtaltung zeigten, öde aus. Wir wiſſen von ihnen im allgemeinen nicht viel. Die beſten Beiſpiele der gewöhnlichen ſtädtiſchen Ver-

Digitized by Google

kehrsſtraße des Altertums ſind uns in Pompeji erhalten. Hier zeigen auch die Nebenſtraßen einigen Schmuck der Häuſerfronten und werden durch die im Erdgeſchoß angebrachten Läden ſowie durch Brunnen, kleine Kunſtwerke, Malerei uſw. uſw. belebt. Die Straßen ſind im allgemeinen eng, da man enge Straßen ihres Schattens wegen für geſunder hält (Tacitus Annal. XV 43). Die breiteſte Straße Pompejis mißt

Abb. 403. Säulenſtraße in Palmyra.

von Haus zu Haus, alſo mit Einſchluß des Bürgerſteigs 7,70 m, viele Straßen ſind nur 4 m, manche nur 2,50—3 m breit. Da ſie mit Bürgerſteigen verſehen ſind, ſo wird die Fahrbahn oft ſo eng, daß man ſich darin nicht ausweichen konnte. War ein Wagen in der Straße, ſo mußte der entgegenkommende warten, bis er wieder herausgefahren war. Viele Straßen waren für den Wagenverkehr überhaupt geſperrt. In dieſem Falle ſtanden an ihrem Eingange quer über den Fahrdamm einige höhere

Digitized by Google

Steine, oder es wurden höhere Blöcke in ihrer Längsrichtung ins Pflaſter eingelaſſen. (Abb. 407.)

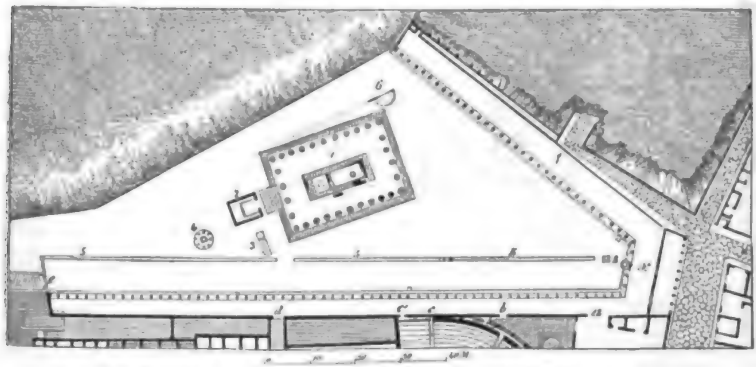


Abb. 404. Plan eines römiſchen Prachtplatzes: Forum triangulare zu Pompeji.
Man betrat den Platz durch Türen bei x und befand ſich dann unter einem Säulengang von 5 m Breite und 200 m Länge, der drei Seiten des Platzes umſchloß und von 100 Säulen gebildet wurde. Auf der vierten Seite iſt die Ausſicht frei.
1 griechiſcher Tempel, 2 Mauer des Brandaltars (?), 3 Altäre, 4 Brunnen (?), 5 niedrige Mauerſchranken, die den Tempel abſchloſſen, ohne die Ausſicht zu behindern, 6 Sitzplatz mit Sonnenuhr, 7 Abflußrinnen für das Regenwaſſer.

Abb. 405. Anſicht einer römiſchen Prachtſtraße: Das Forum civile in Pompeji.

Die Straßen ſind leicht gewölbt, das Pflaſterungsmaterial beſteht aus Lavablöcken. Da es ſehr weich iſt, ſo ſchleifen die Wagenräder allmählich Spuren hinein, die heute noch zu ſehen ſind. (Abb. 408 S. 313.) (Die Annahme, daß dieſe Spuren nach der

Digitized by Google

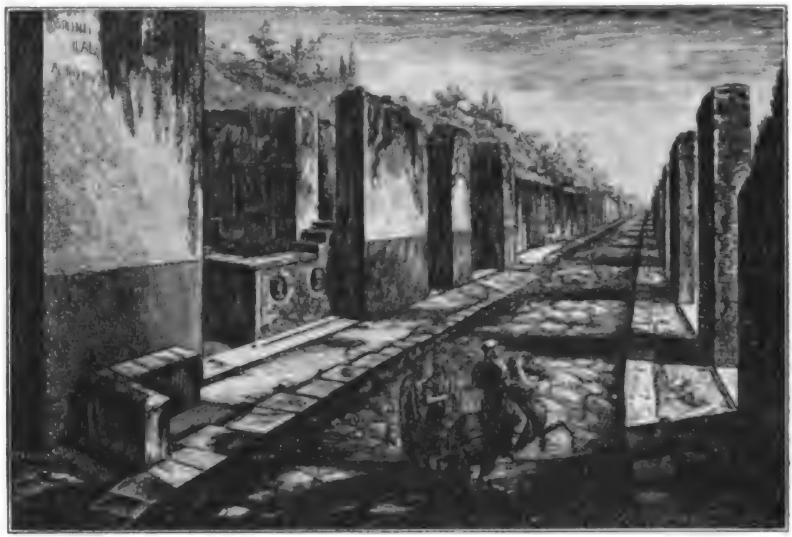


Abb. 406. Anſicht einer pompejaniſchen Straße.
In der Mitte das Pflaſter aus polygonen Lavaplatten, rechts und links erhöhte Bürgerſteige mit Randſteinen (Hauſteinen). In den Häuſern Läden mit Ladentiſchen (links).

Pflaſterung künſtlich hergeſtellt wurden, erſcheint nicht berechtigt.) Man erkennt daraus, daß der damalige Abſtand der Radkränze der Wagen 0,90 m betrug. Die zur Pflaſterung dienenden Lavaplatten werden ſo aneinandergefügt, daß ſie möglichſt dicht zuſammenſchloſſen. Der Pflaſterſetzer arbeitete ſie zu dieſem Zweck an den Kanten entſprechend

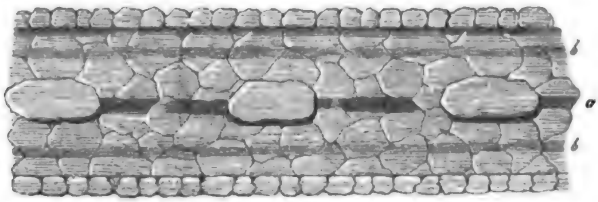


Abb. 407. Für den Fuhrverkehr geſperrte Straße (Strada del tempio di Augusto in Pompeji).
Das alte tief ausgefahrene Gleis a iſt wahrſcheinlich vor Anlage der Randſteine entſtanden, die die Stelle der zweiten Wagenſpur decken; gewiſſe Unregelmäßigkeiten der Spur laſſen auch vermuten, daß die Steine früher an den Seiten lagen. Dann entſtanden die Gleisſpuren b b; ſchließlich wurde die Straße durch die in a liegenden höheren Steine für den Wagenverkehr geſperrt.

ab. Der Anſchluß der Platten aneinander iſt ein vorzüglicher, doch treten mit der Zeit Lockerungen ein, es brechen Ecken und Kanten ab. In dieſem Falle wird das Pflaſter durch Einfügen kleiner Steine und Eintreiben von kleinen Eiſenkeilen wieder ausgebeſſert. (Abb. 409.) Die Bürgerſteige ſind mit Randſteinen eingefaßt. (Abb. 406, 408 und 411.) Zu ihrer Herſtellung dienen Hauſteine, die oft Durchbohrungen zeigen. In dieſen Durchbohrungen wurden die Zeltbahnen feſtgebunden, durch die die Laden-

beſitzer ihren Laden und die davor ausgelegten Waren vor den Strahlen der Sonne und dem Regen ſchützten. Größere Blöcke ragen auch — meiſt drei in einer Linie — aus dem Pflaſter des Fahrdammes hervor. Sie ſollen es den Fußgängern ermöglichen, bei heftigen Regengüſſen trockenen Fußes über den Fahrdamm hinwegzukommen. (Abb. 408 und 410.) Der Bürgerſteig wechſelt in ſeiner Zuſammenſetzung, was daher kommt, daß ihn jeder Hausbeſitzer, dem die Herſtellung und Unterhaltung obliegt, ganz nach Belieben ausführen läßt. Auf feſtgeſtampfter Erde liegt eine Decke von Ziegeln oder von Ziegelmoſaik (opus signinum), von Steinplatten, Marmor oder Aſphalt. An den Straßenecken befinden ſich Prellſteine, neben den Bürgerſteigen ſind Rinnſteine angebracht, in denen das Regenwaſſer ſich ſammelt und in die Einlaßöffnungen der Kanäle ſtrömt, die es aus der Stadt wegführen. (Abb. 412 S. 314, 413, 414 und 415 S. 315.)

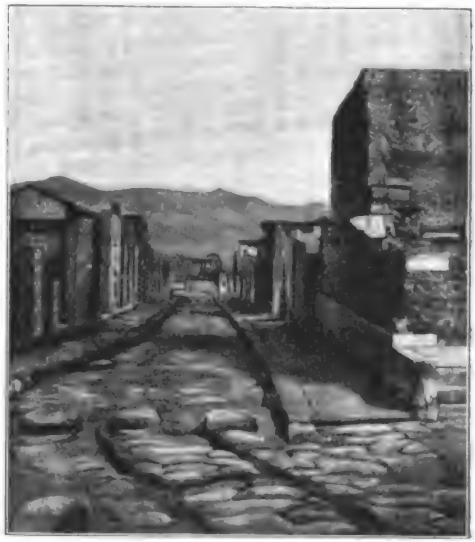


Abb. 408. Straße in Pompeji.
Im Vordergrund Wagenſpuren, dahinter drei Blöcke im Pflaſter, die Fußgängern das Überſchreiten der Fahrbahn bei Regenwetter ermöglichen.

Die Ausſtattung der Straßen war alſo eine in techniſcher Hinſicht vorzügliche und genügte den damaligen Verkehrsbedürfniſſen vollkommen. Man muß immer bedenken, daß ſich der Verkehr hauptſächlich zu Fuß abwickelte. Schwere Laſtwagen durften außer in den erſten Morgenſtunden überhaupt nicht durch die Straßen, ja ſogar das Fahren war unge-

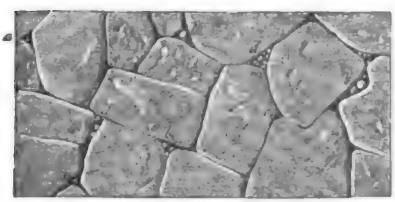


Abb. 409. Ausgebeſſertes Pflaſter in Pompeji
a Eiſen; b Granit; c Marmor; d Kies.

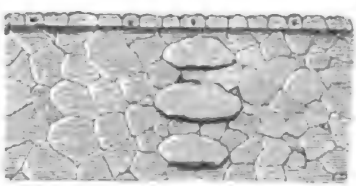


Abb 410. Pflaſter mit Trittſteinen für Fußgänger.

wöhnlich. Darum finden ſich auch in keinem Hauſe Pompejis Stallungen, und es iſt nur ein einziger Torweg mit Einfahrt aufgefunden worden. Sonſt hindern überall die erhöhten Bürgerſteige und die ſteinernen Stufen und Türſchwellen eine

Digitized by Google

Abb. 411. Bürgerſteig einer pompejaniſchen Straße. Unregelmäßige Randſteine, dahinter Laden mit Ladentiſch, die Öffnungen zum Einſtellen von Gefäßen enthält.

Einfahrt von Wagen. Dies erklärt ſich daraus, daß das Fahren als unbürgerlich galt. Sueton (Claud. 25) berichtet beiläufig vom Kaiſer Claudius, daß er die Reiſenden durch eine Verordnung erinnerte, ſie dürften durch die Städte Italiens nicht anders paſſieren als zu Fuß oder in einer Sänfte oder einem Tragſeſſel. Capitolinus (Marc. 23) ſagt dasſelbe von Mark Aurel: Er verbot in Städten zu fahren oder zu reiten, d. h. zu Pferde, denn zu Eſel war es erlaubt. Man fuhr zum Vergnügen nur auf den Landſtraßen, oder ritt außerhalb der Stadt.

Ebenſo wie man für einen Abfluß des Regenwaſſers ſorgte, ſo mußte auch der

Abb. 412. Straße in Pompeji mit Bürgerſteig und Rinnſtein zur Aufnahme des Regenwaſſers

Digitized by Google

Unrat des Hauſes, der Müll, ſowie der Abfall aus den Werkſtätten vor die Stadt nach den beſonders dazu beſtimmten Plätzen geſchafft werden. Man hat derartige κοπρίαι oder κοπρῶνες ſowohl bei Alexandria wie bei Arſinoe, Altkairo uſw. gefunden. Auch ſonſt trug man der Hygiene nach beſten

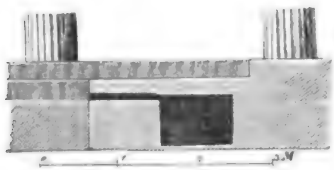


Abb. 413. Kanal am Forum zu Pompeji, durch den das Waſſer vom Pflaſter herabfloß. Der Zufluß zum Hauptkanal geſchah durch kleine Seitenkanäle (links).

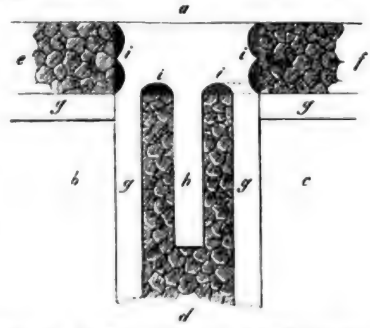


Abb. 414. Goſſenanlage zur Abführung des Regenwaſſers in Pompeji.

a, b, c Häuſer, d, e und f Straßen (d Straße der Fortuna), g g Bürgerſteige, h anſteigende Rampe, unter der der Abflußkanal liegt, i i i i ſechs Einlaßöffnungen für das aus den drei Straßen kommende Regenwaſſer; dieſe Öffnungen ſtehen ſenkrecht zum Pflaſter, über das ſie ſich erheben. (S. auch Abb. 415.)

Kräften Rechnung, wobei unter „Hygiene“ allerdings eine im damaligen Sinne zu verſtehen iſt. So fordert z. B. Vitruv (I 6), daß man bei der Anlage von Städten die Winde möglichſt ausſchließen ſolle, da dieſe, wenn ſie kalt ſind, unangenehm berühren und, wenn ſie warm ſind, krank machen. Er gibt dann für den inneren Ausbau der Stadt des weiteren an, daß man nach dem Verteilen der Gaſſen und Abſtecken der Straßen die Auswahl der Bauplätze für die Tempel, den Marktplatz und die übrigen, gemeinſamen Zwecken gewidmeten Orte vorzunehmen habe. Für die verſchiedenen Gottheiten ſind Tempel zu errichten, ebenſo Gymnaſium, Amphitheater uſw. uſw. Die Größe der Plätze muß der Volksmenge entſprechen; der Hauptplatz, das forum civile, ſoll ein Verhältnis der Länge zur Breite von 3 zu 2 aufweiſen. Die Baſiliken ſind an einen warmen Platz zu ſtellen, damit die im Winter darin verkehrenden Kaufleute nicht frieren. (S. a. S. 379.) Gärtneriſchen Schmuck der Plätze ſcheint man im Altertum nur wenig gekannt zu haben, wie er ja auch jetzt noch in ſüdlicheren Ländern nicht üblich iſt. Für die Schöpfungen der dortigen Architektur paſſen auch keine grünen Raſenplätze und Gebüſche, die die Platzwirkung nur ſtören.

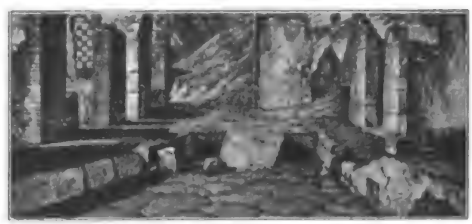


Abb. 415. Abflußöffnungen für das Regenwaſſer in einer pompejaniſchen Straße.

Literatur zum Abſchnitt: „Städtiſche Straßen und Plätze“ ſiehe hinter dem Abſchnitte „Bauarten, Bauausführung und Bauſtoffe“.

Digitized by Google

Die Häuser.

Das Haus im Orient.

Über das Aussehen, den Grundriß und die innere Ausgestaltung des Wohnhauses der alten Völker des Orients sind wir in keiner Weise unterrichtet. Die vielfachen Ausgrabungen, die uns über die Monumentalbauten, die Kunst sowie über viele Zweige der Technik dieser Völkerschaften so wertvolle Aufschlüsse gebracht haben, vermochten nicht, uns über die Technik der Hausanlage aufzuklären. Daran mag vielleicht auch der Umstand schuld sein, daß man die Ergebnisse aller Forschungen und Ausgrabungen in erster Linie nach ihrer Bedeutung für die Kunstgeschichte würdigte. Der Technik erschließt sich gerade hier noch ein sehr großes und ausgedehntes Forschungsgebiet, dessen überhaupt noch nicht in Angriff genommene Bearbeitung sicherlich viele Jahrzehnte in Anspruch nehmen dürfte. Soweit sich bis jetzt überhaupt ein Urteil abgeben läßt, ist auch im Orient, insbesondere in Mesopotamien, das Wohnhaus aus dem Nomadenzelte hervorgegangen. Es dürfte in seiner ursprünglichsten Form vielleicht ein viereckiger oder runder Raum gewesen sein, der von einem Fell oder einer Matte überdeckt war. In der Mitte dieser primitiven Bedachung befand sich eine Öffnung, durch die Licht ins Innere drang und der Rauch des Herdfeuers abzog. Dann hat sich allmählich eine Einteilung herausgebildet, indem man zunächst wahrscheinlich das Vieh, mit dem man zusammen hauste, von dem eigentlichen Wohnraum abtrennte. Gewisse Anzeichen sprechen auch dafür, daß man ursprünglich Behausungen an Felswände anlehnte. Alles dies sind aber nur Vermutungen, die sich auf die ersten und primitivsten Wohnstätten beziehen. Wie das aus ihnen entstandene Wohnhaus der orientalischen Völker aussah, wissen wir nicht.

Das ägyptische Haus.

Etwas besser sind wir über die Wohnhäuser im alten Ägypten unterrichtet, obschon auch hier unsere Kenntnisse noch ziemliche Mängel aufweisen. In Form von Grabbeigaben sind uns einige Modelle altägyptischer Wohnhäuser erhalten geblieben. Dann gibt es auf Gemälden Darstellungen von Wohnbauten, und endlich geben noch einzelne Funde weitere Aufschlüsse. Die eben erwähnten Darstellungen von Wohnbauten sind eine Vereinigung von technischem Grundplan mit Zeichnungen des Inhalts der einzelnen Räume, wobei dieser letztere in besonders eingehender Weise betont ist. Infolge dieser merkwürdigen Art der Schilderung und der eigenartigen Wiedergabe von Türen und sonstigen Bauteilen ist es ziemlich schwer, sich ein Bild

Digitized by Google

vom Grundplan eines derartigen altägyptischen Hauses zu machen. Aber immerhin hat man versucht, solche altägyptische Darstellungen in die Form eines unserer heutigen technischen Hauspläne umzuzeichnen, die uns dann Schlüsse auf die vermutliche Raumeinteilung größerer Häuser ermöglichen. Es handelt sich bei diesen Bildern immer nur um die großen Wohngebäude der Reichen oder hohen Würdenträger. Das Haus des kleineren Mannes müssen wir nach den erhaltenen Modellen und sonstigen Anhaltspunkten zu beurteilen suchen.

Die in den verschiedenen Museen erhaltenen Modelle lassen einen viereckigen Hof erkennen, der von einer Mauer umschlossen ist, und an dessen einer Längsseite sich das Haus erhebt, dessen Grundriß ein langes schmales Rechteck darstellt. Es zeigt also bei ziemlicher Breite eine nur geringe Tiefe. Vom Hofe her führt eine Treppe auf das flache Hausdach, das sich scheinbar direkt über dem einzigen Geschosse des Hauses, also dem Erdgeschoß, ausbreitet. Das Dach ist von einer Brüstung umgeben, die nach außen zu höher ist als gegen den Hof, so daß man also von hier aus bequem die verschiedenartigsten Dinge in den Hof hinabreichen oder hinabwerfen konnte. An der einen Seite des Daches erhebt sich eine schmale, nach der Dachterrasse zu offene Kabine, die vielleicht als eine Art von Laube oder Dachhäuschen diente, wo man geschützt vor den Strahlen der Sonne sitzen, auf die Landschaft hinaussehen oder auch die Arbeit im Hofe überwachen konnte. Im Erdgeschosse sind drei Räume zu erkennen, die wohl die eigentlichen Wohnräume darstellen. Wenn sie bei dem Modell des Britischen Museums mit Getreidekörnern gefüllt waren, so berechtigt dies noch nicht zu dem Schlusse, daß sie auch bei den ägyptischen Häusern vollkommen mit Getreide angefüllt wurden. Das Modell ist eben eine spielzeugartige Nachahmung im kleinen, wie wir sie ja auch als Sparbüchsen und als Nippsachen zum Aufbewahren aller möglichen Dinge verwenden.

In Abydos hat man dann Grundrisse von Häusern aufgedeckt, die sehr weitgehende Verschiedenheiten aufweisen. Bei manchen zieht sich durch das Haus ein langer schmaler Korridor, an den sich zu beiden Seiten Zimmer anschließen. Bei einem andern Hause liegen die Zimmer um die vier Seiten eines offenen Hofes herum, in den ihre Türen münden. Einzelne Zimmer waren als Säulensäle ausgebildet. Sehr weitgehende Schlüsse lassen sich aus diesen Grundrissen jedoch nicht ziehen, da nicht zweifelfrei feststeht, ob nicht einzelne ihrer Teile aus späterer Zeit stammen. Größere Häuser, deren Darstellung wir auf den Gräberreliefs finden, zeigen eine oft beträchtliche Anzahl von Zimmern. Vom Eingang aus, neben dem sich das Gelaß des Türhüters befindet, führt in der Regel ein längerer Gang nach einem Hofe, der entweder an einer oder an mehreren Seiten als Säulenhalle ausgebildet ist. Manche Häuser haben eine Anzahl von Höfen und sehr große saalartige Gemächer, die vielleicht Säulenhallen waren. Eine besondere Eigenart des ägyptischen Wohnhauses, dessen Grundriß stets ein viereckiger gewesen zu sein scheint, dürfte darin bestanden haben, daß der Grundriß ein Quadrat oder ein fast quadratisches Rechteck darstellt. Langgestreckte Wohnhäuser scheint man, wenigstens bei größeren Gebäuden, nicht angelegt zu haben. Hierdurch unterscheidet sich das altägyptische Wohnhaus in weitgehendem Maße vom griechischen, das sich fast stets beträchtlich nach der Längsrichtung erstreckt. Im übrigen aber war es auch damals in Ägypten scheinbar schon so wie jetzt bei uns: Jeder ließ sich eben sein Haus so bauen, wie es seinen Vermögensverhältnissen, seinen Bedürfnissen und seinem Geschmack entsprach. Einen einheitlichen Grundzug werden deshalb die altägyptischen Wohnstätten wohl ebensowenig gehabt haben wie die unsrigen, wenigstens nicht, soweit die Raumeinteilung in Betracht kommt. Ebenso

war natürlich auch die Anlage von Gärten, die sich an manche altägyptischen Häuser anschlossen, Sache der Liebhaberei. Anders bei der Außenseite! Diese ähnelte sich wohl bei fast allen Häusern, ganz gleich, ob sie armen oder reichen Leuten gehörten. Die Häuser waren meist niedrig und zeigen nur ein Erdgeschoß, über dem sich wohl, und zwar auf dem flachen Dache, einzelne erhöhte Aufbauten erheben mochten. Fenster waren nur sehr wenige vorhanden. Meist wird wohl auch nur eine ins Freie führende Tür vorgesehen gewesen sein, die von einer mehr oder minder reichen Einfassung gegen die Mauer abgegrenzt war. Diese Einfassung sowie die der Fenster bildeten im Verein mit dem bekannten Hohlkehlenhauptgesims den einzigen Schmuck der im übrigen schmucklosen Häuserfront. Die kleineren Häuser waren gewöhnlich zusammengebaut, so daß die Straßen fortlaufende Reihen bildeten. Größere Häuser dürften häufig allein oder in Gärten gestanden haben. Der Hof war wahrscheinlich gepflastert. Er enthielt wohl einige Räume, einen Brunnen oder einen Springbrunnen. Kleinere Anwesen standen um einen gemeinsamen Hof herum. Vor dem Haupteingange größerer Häuser war zuweilen ein Vorbau angebracht, dessen Fach von Säulen getragen wurde, bei Palästen befanden sich neben dem Haustore, das als Einfahrt für Wagen diente, kleinere Tore für Fußgänger. Die Tore waren mit Türen verschlossen, die sämtlich mit Drehzapfen versehen waren. Die Zapfen liefen in den in der Ober- und Unterschwelle der Tür angebrachten Lagern. Die Drehzapfen wurden bei Bronzetüren mit der Tür zusammen durch Guß hergestellt. (Siehe S. 57 Abb. 69.) Sonst wurde an der Tür ein Bronzeschuh angenagelt, der in den Zapfen auslief. Der Verschluß der Tür geschah durch Verriegelung sowie auch durch Schlösser, die mit Schlüsseln verschlossen wurden und auf deren technische Entwicklung wir noch weiter unten eingehend zurückkommen werden.

Das griechische Haus.

Auch das griechische Haus ist aus den Hütten hervorgegangen, in denen sich das vorher nomadisierende Volk am Fuße der Hügel ansiedelte, die die Burg trugen. Es ist anzunehmen, daß diese Hütten zunächst rund waren. Aber schon in sehr früher Zeit machte sich der Einfluß der Palastbauten auf den Grundriß geltend. Dieser, der insbesondere von den mykenischen Palastbauten übernommen worden zu sein scheint, wird viereckig und langgestreckt. Im fünften Jahrhundert v. Chr. war das athenische Bürgerhaus, das sich aus diesem Grundriß aufbaute, äußerst einfach. Es bestand aus einem kleinen Hof, an den der Hauptraum anstieß, und um den sich wieder einige kleinere Gemächer herumlegten. Daß das Haus so lange diese weitgehende Einfachheit aufweist, liegt daran, daß sich das Leben im alten Griechenland in der Öffentlichkeit abspielte. Man arbeitete auf den Straßen und besuchte den Markt oder die Gerichtssäle: das Haus betrat man nur verhältnismäßig selten. Es diente zum Schlafen, zur Bereitung der Speisen und zur Aufbewahrung der Vorräte. Eine Stätte des Behagens, der Arbeit, der Geschäfte und der Geselligkeit war es nicht. Infolgedessen war auch der Hausrat nur sehr dürftig und beschränkte sich auf das Notwendigste. Dies ändert sich im vierten Jahrhundert v. Chr., wo sich bereits Demosthenes (383—322 v. Chr.) darüber beklagt, daß die gute alte Zeit vorbei sei, in der nur die Tempel und Staatsgebäude prächtig waren, während sich die Wohnhäuser eines Themistokles, Miltiades und Aristides in keiner Weise von den Nachbarhäusern unterschieden. Die zu der genannten Zeit einsetzende Entwicklung läßt sich deutlich ver-

Digitized by Google

folgen. Im älteren Wohnhauſe zu Priene aus dem 4. Jahrhundert v. Chr. treffen wir noch dieſelben Teile wie im Palaſt von Tiryns, von dem es ſich ableitet. Wie dort, treten wir durch die Türe der den Hausbau umſchließenden Mauer nicht in das Haus ſelbſt, ſondern in den großen Hof. Wir ſtehen dann gegenüber dem Hauptgebäude, dem Megaron, das in ſeinem vorderen Teile durch eine Vorhalle und die ſie ſtützenden

Abb. 416. Altgriechiſches Haus in Pirene aus dem 2. Jahrhundert v. Chr.
Rekonſtruktion von Thierſch nach den Ausgrabungen von H. Schrader und Th. Wiegand.
Modell im Deutſchen Muſeum zu München.

Säulen ein tempelartiges Ausſehen erhält. Die Tempelfaſſade wird durch zwei Anten, zwei dazwiſchenſtehende Säulen, den darüberliegenden Fries und Giebel gebildet. Durch dieſe Vorhalle gelangt man zu dem größten Gemache des Hauſes, in dem ſich — ebenſo wie in dem Palaſte von Tiryns — der Herd, der Mittelpunkt des häuslichen Lebens, befindet. Auf der einen Seite des Megarons und des Hofes zieht ſich ein

Digitized by Google

Korridor entlang, der, ſoweit er dem Hofe zugewendet iſt, von einem durch Säulen getragenen Dache beſchattet wird. Ihm gegenüber, an der anderen Hofſeite, befinden ſich Zimmer, die als Schlafräume, Geſindeſtuben uſw. dienen. Auch neben der Tür, die von der Straße her in den Hof führt, befindet ſich noch ein überdachtes Gebäude, in dem wohl Gerätſchaften, Wagen uſw. aufbewahrt wurden.

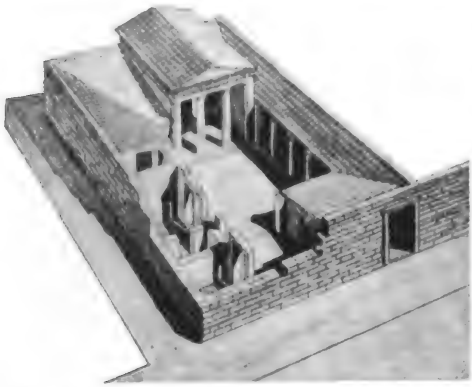


Abb. 417. Altgriechiſches Wohnhaus in Priene aus dem 4. Jahrhundert v. Chr.
Nach einer Darſtellung im Deutſchen Muſeum zu München.

Im Laufe der Entwicklung wird dann aus dieſem Haus ein luxuriöſeres, das Periſtylhaus. Es iſt dadurch gekennzeichnet, daß die nach dem Hofe zu geöffnete Halle, die Prostas, wegfällt, und daß nunmehr um den ganzen Hof eine Säulenhalle herumläuft. Zwiſchen dem reinen Prostashaus und dem reinen Periſtylhauſe gibt es natürlich Übergänge, alſo Häuſer, bei denen die Prostas noch eingehalten iſt, während der Hof bereits die Begrenzung durch eine Säulenhalle zeigt. (Abb. 418). Da in Griechenland die Sonne um die Mittagszeit ziemlich hoch ſteht und ihre Strahlen, wenn auch nicht ſenkrecht, ſo doch mit einer dem ſenkrechten Sonnenſtande nahezu entſprechenden Wirkung hinabſendet, ſo trug man dieſem Umſtande bei der Anlage des Prostashauſes ſowohl wie des Periſtylhauſes Rechnung. Die Prostas öffnet ſich immer nach Süden, ebenſo wie die ſpäter an ihre Stelle tretende Säulenhalle. Beide ſchieben ſich zwiſchen den heißen ſonnigen Hof und den Hauptraum des Hauſes, den Oikos, ein, der weit zurück im Schatten liegt und gegen die Glut noch durch eine Tür abgeſperrt werden kann. Das Innere des Oikos war mit Marmorplatten getäfelt oder mit Marmorſtuck belegt, der oben durch ein Bort abgeſchloſſen war. Auf dieſem Bort wurden Hausrat, Götterbilder, kleine Kunſtwerke uſw. aufgeſtellt. Der obere Teil der Wand, insbeſondere der Fries, war bemalt, der Hof war gepflaſtert oder mit Moſaik ausgelegt. Die Malerei ahmte entweder Verkleidung der Wand mit farbigem Marmor nach, oder man malte Architekturteile darauf, die perſpektiviſch ſo gehalten waren, daß ſie Konſolen uſw. vortäuſchten. Später kommt dann figürlicher Schmuck auf.

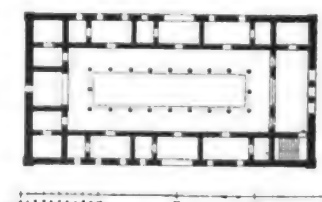


Abb. 418. Sogen. „Haus der Hyrkanos“ mit Säulenhof

Aber ebenſo wie in bezug auf die Malerei wird man auch in bezug auf die Ausgeſtaltung des Hauſes immer luxuriöſer. Man baut auf das Megaron und ſpäter auch auf andere, den Hof umkleidende Teile des Hauſes weitere Stockwerke auf. Vereinzelt ſcheint dies auch ſchon in ſehr früher Zeit der Fall geweſen zu ſein, wenigſtens

Digitized by Google

hat man bei den Ausgrabungen im Palast des Minos zu Knossos auf Kreta im Saale der oberen Terrasse ein großes Mosaik gefunden, auf dem etwa vierzig Häuser dargestellt sind, die, wie man deutlich erkennen kann, teils aus Holz, teils aus Stein bestehen. Darunter sind solche von drei Stockwerken, an denen Fenster mit vier Scheiben zu erkennen sind. Vielleicht handelt es sich um Paläste, vielleicht um Ausnahmen, denn im allgemeinen taucht das mehrstöckige Haus erst später auf. Im 2. Jahrh. v. Chr. kommt es jedoch schon ziemlich häufig vor. Hier liegt dann über der Prostas bzw. dem an ihre Stelle getretenen Teile des Peristyls eine Loggia, die sich zwischen Säulen gegen den Hof zu öffnet. (Abb. 416 S. 319.) Der obere Stock diente als Frauengemach. Dann aber verband man auch, als man die Häuser überhaupt vergrößerte, zwei Häuser zu einem einzigen und erhielt so einen großen Gebäudekomplex mit Läden, die gegen die Straße zugelegen waren, Nutzräumen, die sich an den beiden Längsseiten des Hofes hinzogen, und den eigentlichen, gegenüber dem Eingang in den Hof gelegenen Wohnräumen. Bei diesen sind ein gemeinsamer Familienraum, ferner das Männergemach, die Andronitis, die meist nach rückwärts oder im Obergeschosse gelegene Frauenwohnung, die Gynäkotis, Arbeitsräume für die Mägde usw. usw. zu unterscheiden. Im übrigen geht schon aus den Angaben der Odyssee (XXI 381) über das homerische Haus, dessen Ausgestaltung und Einrichtung im Laufe der Zeiten Gegenstand einer umfangreichen Literatur geworden ist, hervor, daß schon damals hinter dem Megaron der Arbeitsraum für die Mägde sich anschloß. Auch damals schon war, wie sich aus den Angaben Homers des weiteren schließen läßt, über dem Erdgeschoß ein Obergeschoß, das als Frauenwohnung diente. Diese Tatsachen sowie der Umstand, daß das Megaron durch zwei Fenster (ὀπαί) erleuchtet wurde (Odyssee I 320), stehen fest. Ob nun, wie vielfach angenommen wird, die Hintergemächer in drei Teile oder nur in zwei zerfielen, oder ob das Megaron eine oder zwei nach diesen Gemächern führende Türen hatte, ist ein für die technische Ausbildung der wesentlichen Grundrißteile des altgriechischen Hauses so nebensächlicher Punkt, daß er hier außer Betracht bleiben kann.

Das römische Haus.

Wenn auch die Häuser Pompejis vielfach Anklänge an die eben beschriebenen altgriechischen Häuser aufweisen, und wenn auch zwischen den Häusern von Priene, Thera, Delos und Pergamon einerseits und den pompejanischen andererseits mancherlei Beziehungen nachweisbar sind, so handelt es sich bei den letzteren doch lediglich um eine in späterer Zeit stattgehabte Beeinflussung des italienischen Hausbaus durch den griechischen. Das ursprüngliche italienische Haus hat mit dem ursprünglichen griechischen nichts gemein. Es unterscheidet sich von ihm sogar in wesentlichen Grundzügen. Schon das homerische Haus zeigt eine ganz besondere Eigenart des griechischen: das Haus war eine Art von Festung. Seine Gebäude legten sich um einen Hof herum und waren zusammen mit diesem durch eine gemeinsame Mauer umschlossen, die das ganze Anwesen umzog und schützte. War der Grieche zu Haus, so war er von der Außenwelt vollkommen abgeschlossen. Die Fenster waren Licht- und nicht Schauöffnungen. Anders beim italienischen Hause. Wie sich das griechische entwickelt hat, wissen wir nicht. Soweit wir uns nicht auf Homer usw. stützen können, sind uns die Häuser selbst erst aus der Zeit nach Alexander dem Großen bekannt. Beim italienischen Hause können wir die Entwicklung zwar gleichfalls nicht bis an

Digitized by Google

ihre Uranfänge zurück verfolgen, wir wiſſen jedoch, daß man dort in alten Zeiten ſchon anders wohnte als bei den Griechen. Das griechiſche Haus ſtand für ſich, die römiſchen Häuſer hatten ſchon in ſehr früher Zeit parietes communes, d. h. ſie waren zuſammengebaut. Da nun der Regen, der ſich an den Zwiſchenwänden anſammelte, dieſe und das zu ihrer Herſtellung verwendete Gebälk verdarb, ſo hatte jedes Haus für einen Ablauf des Regenwaſſers zu ſorgen. Dies führte dazu, daß man ſchon früher auf dem Dach eine Art von Trichter anbrachte, durch den das Regenwaſſer in das Innere des Hauſes hineinlief, wo man es in einem geſonderten Baſſin auffing. Dieſe Maßregel hat dem römiſchen Hauſe, das ſeine Entſtehung den Etruskern verdankt, ſeine charakteriſtiſche Form gegeben. Die Diele, das Atrium, um die herum ſich die verſchiedenen Räume gruppieren, iſt vollkommen überdacht. Das Dach hat oben eine trichterförmige Öffnung (compluvium), durch die das Regenwaſſer in das Atrium hineinläuft. Hier wird es in einem Baſſin (impluvium) aufgefangen und von da aus meiſt nach einer Ziſterne geleitet, von wo man es zum häuslichen Gebrauch entnahm. Während ſich alſo beim griechiſchen Hauſe alle Räume um den Hof gruppieren, der nicht überdacht iſt, zeigt das urſprüngliche römiſche Haus eine überdachte und mit einem Regentrichter verſehene Diele, um die die übrigen Räume herumliegen. Unter dieſen Räumen iſt der wichtigſte das Zimmer des Herrn, das Tablinum, das direkt an das Atrium grenzt. Die Vorhalle, die für das wichtigſte Gemach des griechiſchen Hauſes, das Megaron, charakteriſtiſch iſt, fehlt vollkommen. Die dem Tablinum gegenüberliegende Haustür (ianua) führt den von außen kommenden Beſucher zunächſt in einen Gang, der wieder direkt an die Diele grenzt. Da die parietes communes ſchon frühe die Straßenbildung begünſtigten, und da man die Straße zum Abſchluſſe von Handelsgeſchäften zu benutzen pflegte, ſo entſtehen — gleichfalls ſehr früh — zu beiden Seiten der Haustür und des hinter ihr liegenden

Abb. 419. Älteſte bekannte Form des römiſchen Hauſes.
Nach einer Darſtellung im Deutſchen Muſeum München.

Digitized by Google

Ganzen Länder. Sie kleiden in der Regel weiter keine Verbindung mit dem Haus und sind nur von Zeit zu Zeit zu sehen. Ihre Aufgabe besteht darin, gruppenweise die Arena nach den anderen Räumen. Der Arrivant schlägt dort seinen dem Amphitheater der Besitz auf, und wenn er sich nicht gleich zurechtfindet, so kann er sich an einen der ganze Stadt und besteht in der Hauptsache darin, „Achter" oder Labyrinth Laufenden schlängeln, bumbl. (Bild. 418.)

Das Haus selbst gliedert sich in verschiedene Zonen. Die Zone der Besitzer ist die Zone der Gäste, Bedienten, Sklaven, die Zone der Tiere und Tierpflege, die Zone der Gladiatoren und Artisten und Tänzerinnen, und jede dieser Zonen hat ihre besondere Verbindung mit der Arena. Der Besitzer selbst hat seine Loge, die Gäste haben ihre Logen, die Gladiatoren, die Tiere, die Tänzerinnen, die Artisten, die Musiker, alle haben ihre besonderen Eingänge, ihre Treppen, ihre Gänge, ihre Räume, ihre Ausgänge, ihre Verbindungen mit der Arena, und jeder Besucher findet sich sofort zurecht, weil er sich nur nach der Farbe seiner Eintrittskarte zu richten braucht.

Bild 418. Amphitheater Besitz mit Eintrittskarte (Tesserae theatrales) Rom, einer Darstellung im Berliner Museum zu Klassen.

Das Einzelhaus, sowie das Logenhaus, ist ein Gebäude, das sich in der Regel auf einen Hof öffnet, der von Säulengängen umgeben ist. Dieser Hof ist der Mittelpunkt des Hauses, und alle Räume gruppieren sich um ihn herum. Die Zahl der Räume ist sehr groß, und sie sind in der Regel sehr klein. Sie sind nur für den Schlaf bestimmt, und es ist nicht Sitte, sich in ihnen aufzuhalten, sondern sie dienen nur dazu, sich in ihnen auszuruhen. Die Fenster sind klein, und sie haben meistens Glasscheiben anstatt Glas; es sind meistens Scheiben, die aus Steinen geschnitten sind, und sie haben meistens Scheiben, die aus Steinen geschnitten sind, und sie haben meistens Scheiben, die aus Steinen geschnitten sind, und sie haben

genannten „Hauſe der ſilbernen Hochzeit“ zu Pompeji ein Periſtyl, wie man ſolche auch auf Rhodos noch gefunden hat. Die Säulenwand der Südſeite iſt höher als die

Abb. 421. Wandbild in Moſaiktechnik (Nillandſchaft, Rom).

der drei übrigen Seiten. Man kommt alſo aus dem hohen Atrium durch das Tablinum in den niedrigeren Säulenhof. Durch dieſe bauliche Eigenart des Periſtyls wird bewirkt, daß an Wintertagen die Sonnenſtrahlen beſſer einfallen können. Außerdem hat

Digitized by Google

man noch die Farben den Helligkeitsverhältniſſen angepaßt und je nach der Beleuchtung hellere oder dunklere Töne gewählt.

Mit der Zeit vollziehen ſich an dieſem Typ des römiſchen Hauſes, das ſchon in ſeiner urſprünglichſten Form häufig einen kleinen, an das Tablinum ſich anſchließen-

Abb. 422. Römiſcher Fußboden aus großen Platten. Trier.

den Garten beſaß, die mannigfachſten Veränderungen, die teils dem zunehmenden Luxus, teils dem in den Städten eintretenden Raumbedarf (Vitruv II 8. 17) und der damit Hand in Hand gehenden Steigerung des Bodenwertes zuzuſchreiben ſind. Wie der letztere z. B. auf den Ausbau Roms einwirkte, ſchildert Friedländer, der ſich dabei zum Teil auf Seneca uſw. ſtützt, ſehr anſchaulich: „Die Unternehmer beuteten den Baugrund nicht bloß durch die Aufführung möglichſt zahlreicher Stockwerke, ſondern auch durch die möglichſte Verengerung und Verkleinerung der Räume der Einzelwohnungen bis aufs

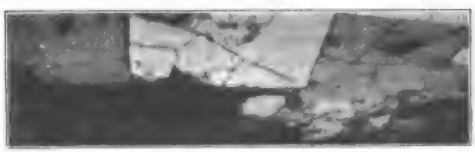


Abb. 423. Römiſcher Fußboden (reſtauriert).

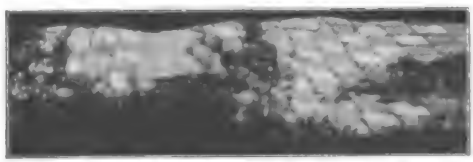


Abb. 424. Fußboden in mehrfarbigen Steinen.

Digitized by Google

äußerſte aus und waren vorzugsweiſe darauf bedacht, die Herſtellungskoſten auf das niedrigſte Maß herabzuſetzen“: eine Bauweiſe, die auch ihrerſeits die

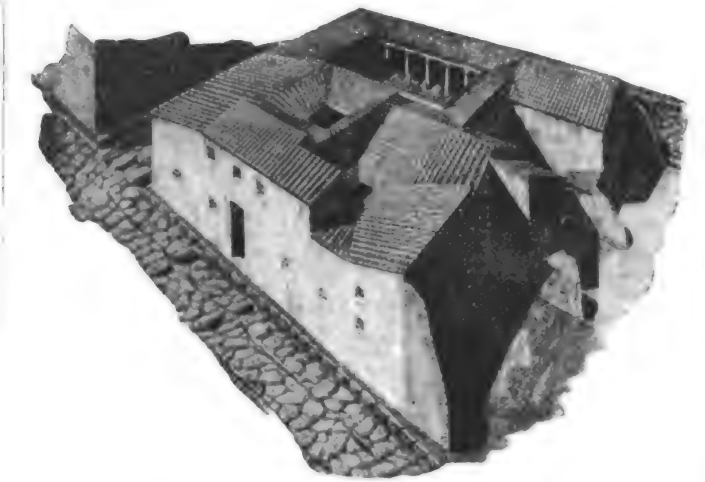


Abb. 425. Das Haus der Vettier zu Pompeji (Anſicht).

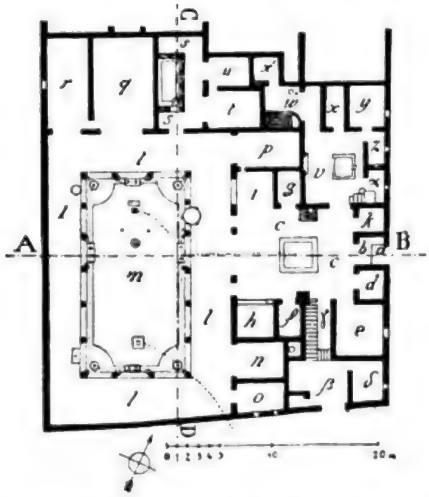


Abb. 426. Das Haus der Vettier. Grundriß.

B Tür; a Veſtibulum, gegen b durch die Haustür abgeſchloſſen; b kurzer Korridor (fauces); c Atrium; h i Alae; l großes Periſtylum; m Garten; s zweites, kleines Periſtylum; n o p q r Zimmer; v zweites Atrium mit Larenaltar; u Schlafzimmer; w Küche; x Zimmer des Kochs.

Feuergefährlichkeit ſehr ſteigerte. Die dünnen Mauern und Wände der übereinandergetürmten Mietwohnungen, welche weder gegen die Hitze noch gegen die Kälte genügenden Schutz gewähren konnten, beſtanden aus Holz oder Fachwerk; und

Digitized by Google

mit beſonderer Vorliebe bediente man ſich des ſogenannten Netzwerkes (ſ. im Abſchnitt „Steinbau“ S. 391), welches um ſeines ſchönen Ausſehens willen den Zwecken der vor allem auf äußeren Schein gerichteten Spekulation beſonders entſprach, aber freilich auch der Solidität des Hausbaus weſentlichen Abbruch tat, da die Mauern bei dieſer Bauweiſe ſehr leicht Sprünge und Riſſe bekamen. „Ein Teil unſerer Furcht“, ſagt Seneca, „ſind unſere Dächer; ſelbſt aus den mit Gemälden geſchmückten Sälen der großen Paläſte floh man entſetzt, wenn man ein Kniſtern hörte. Ein großer Teil der Miethäuſer war baufällig, die notwendigſten Ausbeſſerungen wurden vernachläſſigt oder ungenügend ausgeführt; wenn der Hausverwalter die wankende Mauer

Abb. 427.
Säulenhalle und Garten (l und m in Abb. 426) im Hauſe der Vettier in Pompeji.

geſtützt und einen alten klaffenden Riß durch Überſtreichen verdeckt hatte, verſicherte er den Mietern, ſie könnten ruhig ſchlafen, während der Einſturz bereits über ihnen ſchwebte. Einſtürze gehörten daher neben den Bränden ſchon in der letzten Zeit der Republik zu den eigentümlichen Übeln Roms.“ Daß bei derartigen Zuſtänden natürlich von der Innehaltung irgendeines beſtimmten Häuſertyps keine Rede mehr ſein konnte, verſteht ſich von ſelbſt.

Der einheitliche Typ ging aber auch bei den Luxusbauten allmählich verloren, die mit dem Ende der Republik immer häufiger werden. Schon lange vorher hatten ſich einzelne Veränderungen vollzogen, die dadurch entſtanden, daß das Haus eben immer weitläufiger wurde. So ließ man das Tablinum, das, wie erwähnt, ur-

Digitized by Google

ſprünglich das Zimmer des Hausherrn war, nach beiden Seiten, nach dem Atrium und dem Periſtyl oder, falls ein ſolches nicht vorhanden war, nach dem Garten zu offen und ſchuf ſo einen Raum, der einen angenehmen kühlen Aufenthalt gewährte, aber keinen beſtimmten innerhalb der Anforderungen des häuslichen Lebens liegenden Zweck hatte. Des weiteren ließ man die beiden letzten Gemächer der beiden Längsſeiten des Hauſes ihrer ganzen Breite nach offen. Es entſtanden ſo die beiden Flügel (alae) (ſ. Abb. 426 S. 326, 437 S. 333 u. 443 S. 336), deren Begrenzung gegen das Atrium mit zunehmendem Luxus zwiſchen Mauerpfeilern eingefaßt oder mit Säulen zwiſchen den Anten verziert wurde. Die Alae ſelbſt ſtattete man mit einem beſonders

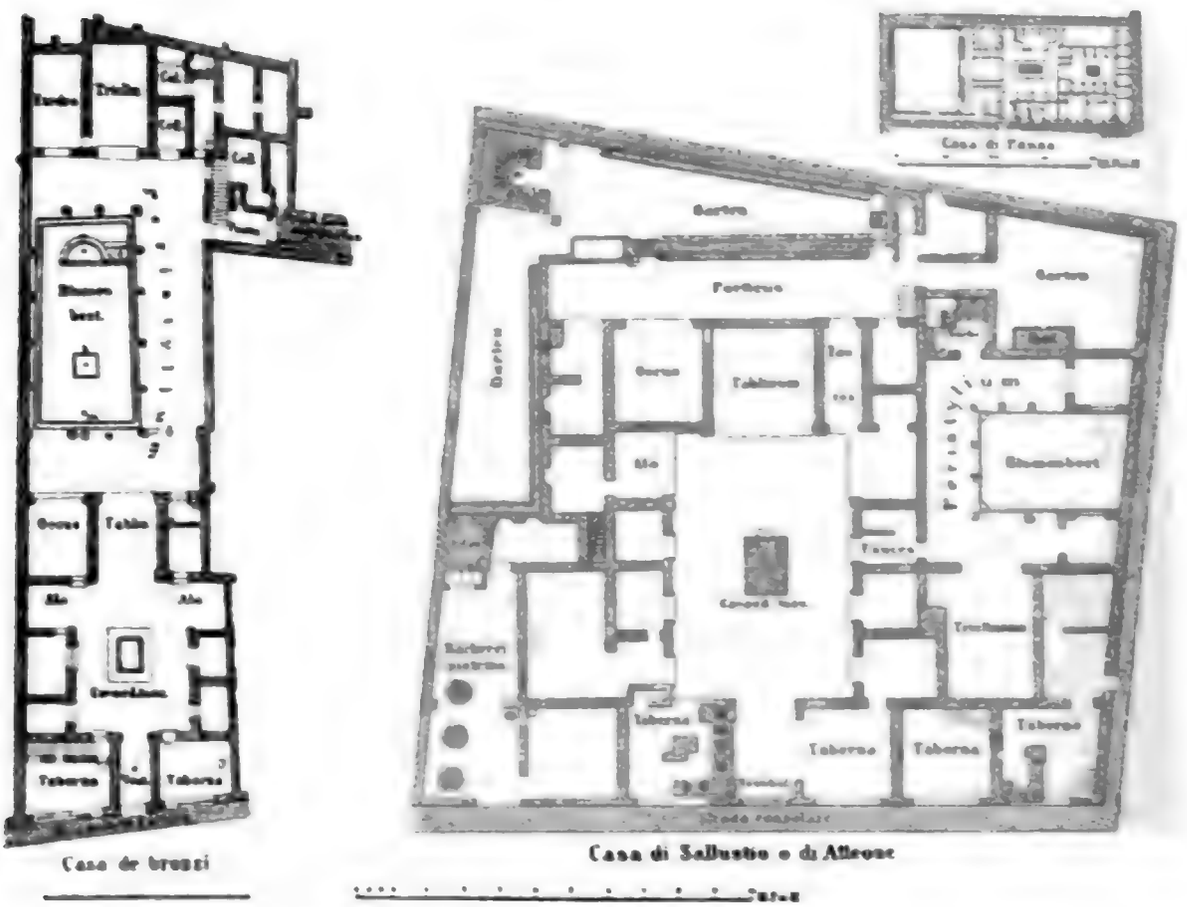


Abb. 428—430. Pläne pompejaniſcher Häuſer.

hübſchen Fußboden aus (Abb. 422, 423 u. 424 S. 325) und verzierte ſie in ſonſtiger Weiſe. In ihnen bewahrte man die Ahnenbilder auf, hier empfing der Hausherr ſeine Beſuche. Des weiteren brachte man, wie z. B. im Hauſe der Vettier in Pompeji, noch ein zweites kleineres Atrium an, das das Larenheiligtum enthielt, und ebenſo ſchuf man ein zweites Periſtylum. (Abb. 425 u. 426 S. 326.) Auch das Atrium verlor allmählich ſeinen urſprünglichen Charakter. Urſprünglich war es der Sammelplatz der Familie, der auch den Geldkaſten, in früheſten Zeiten ſogar das Bett des Hausherrn und ſonſtige Gebrauchsgegenſtände aufnahm, und wo die Frau ſpinnend und webend ſaß. Später wird auch das Atrium vielfach Repräſentationsraum. Damit man nun von hier nach dem Garten nicht durch den anderen, der Annehmlichkeit dienenden Raum,

das Tablinum, gehen und ſtören muß, werden neben dem Tablinum ein oder zwei Durchgänge, die fauces, angebracht. So wandelt ſich der Grundriß des rö-

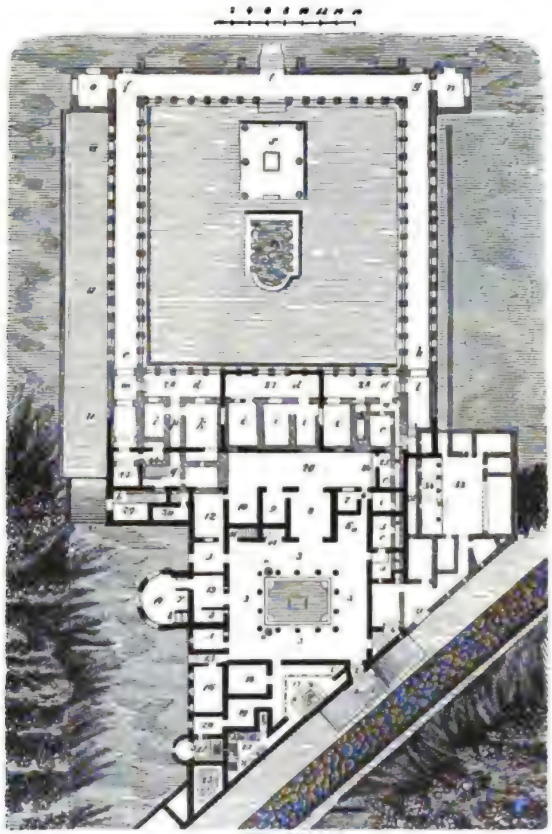


Abb. 431.

Plan eines pompejaniſchen Landhauſes (ſogen. Villa des M. Arrius Diomedes).

Das Landhaus, an anſteigender Straße gelegen, iſt mehrſtöckig. Die in Straßenhöhe liegenden Teile ſind ſchwarz und mit Ziffern, die tiefer liegenden hell und mit kleinen Buchſtaben bezeichnet.
1 Treppe zur Haustür; 2 kleines Veſtibulum; 3 Periſtyl mit Impluvium, an deſſen Seite zwei Brunnentröge a; 4 Raum mit Treppe zu den tiefer gelegenen Teilen des Hauſes; a a a Gang in Hof und Garten; 5 Schlafzimmer mit gemauerten Bettſtellen; 6 a Vorplatz; 6 Gang; 7 Zimmer; 8 Tablinum; 9 Zimmer; 10 Exedra; 11 Treppenräume mit Treppe nach oben; 12 Triclinium; 13 Vorraum; 14 großes Schlafzimmer (ſ. Seite 331); β u. γ Alkoven, δ Waſchtiſch; 15 Gang zum Garten; 16 Garderobezimmer (?); 17 Hofraum; ε Herd; ξ kaltes Bad; 18, 19 Zimmer; 20 Tepidarium; 21 Caldarium; η Wanne für heißes Waſſer; ϑ Wannennische; 22 Hypocauſtum; 23 Waſſerbehälter; 26 Galerie; 25, 27 Zimmer; 28 Terraſſen; 29, 30 kleine Zimmer; 31 Wirtſchaftseingang; 32 Gang zu den Wirtſchaftsräumen, die wegen der Feuersgefahr getrennt liegen; 33 atriumartiger Hof; 34 Porticus; b Treppe; c Vorratsräume; d d d Gang; e—f—g—h Garten (33 qm groß); i i Zimmer; k Sommertriclinium (?); l m n o Kabinette; p Gang; q Treppe zum Keller; r Fiſchbaſſin mit Springbrunnen; s Säulenhalle; t Hintertür; u Gang; v Treppe zum Garten.

miſchen Hauſes immer mehr um, doch ſind ſeine urſprünglichen Züge auch in den ſpäteren Luxusbauten noch zu erkennen. (Abb. 428—431.)

Digitized by Google

Er fällt jedoch vollkommen auseinander, als man beginnt, weitläufige Landhäuſer in der Umgebung der größeren Städte in immer reicherem Maße auszuſtatten. Schon Plinius der Jüngere erzählt von ſeinen beiden Landſitzen, daß der eine davon mit einem offenen Schwimmbaſſin ausgeſtattet war, und daß große zweifenſtrige Zimmer ſowie Gärten, Brunnen uſw. uſw. den Aufenthalt angenehm machten. Was

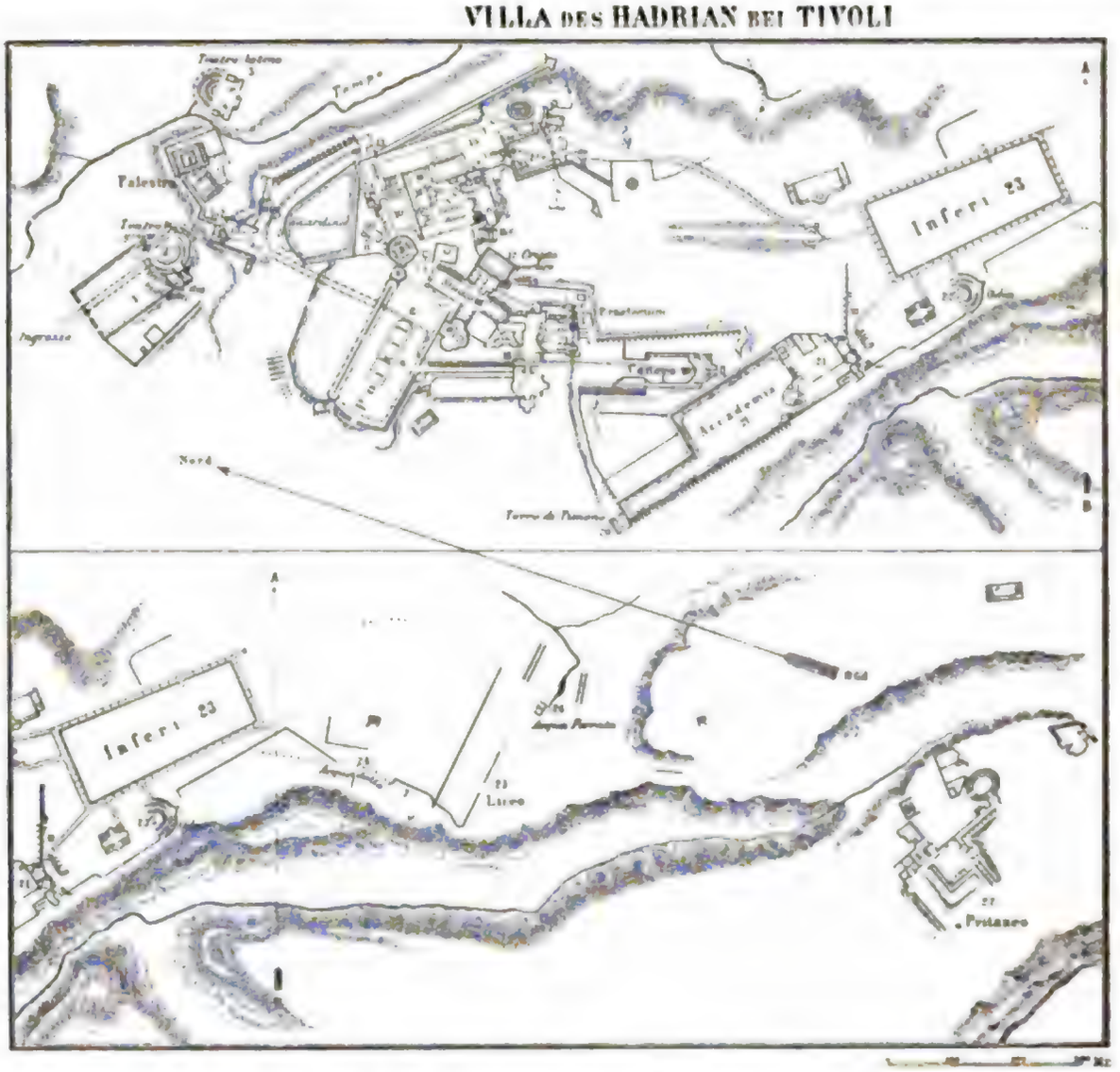


Abb. 432. Villa des Hadrian bei Tivoli.
1 Freiplatz; 2 griechiſches Theater; 3 lateiniſches Theater; 4 Platz für Leibesübungen; 5 Nymphäum, Frauenbad 6 Säulenhalle; 7 Kammern der Leibwache; 8 Schule; 9 Schwimmbad; 10 Hof der Bibliothek; 11 lateiniſche Bibliothek; 12 griechiſche Bibliothek; 13 Triclinium; 14 doriſches Periſtyl; 15 Kaiſerpalaſt; 16 Stadium; 17 unterirdiſcher Gang; 18 Thermen; 19 Tal des Canopus (künſtliches Tal); 20 Turm des Timon; 21 ſogen. „Akademie" (Wohnpalaſt); 22 Odeon (Theater).

bedeutet aber eine derartige Villa gegen den Komplex gewaltiger Luxusbauten, wie ſie in der Kaiſerzeit entſtehen, und von denen z. B. die heute noch erhaltenen Reſte der Villa des Hadrian in der Nähe von Tivoli Zeugnis ablegen! Hier handelt es ſich nicht mehr um ein Haus, ſondern um viele, über eine weite Strecke Landes verſtreute Gebäude (Abb. 432), deren Anlage nicht mehr nach beſtimmten techniſchen Überlieferungen über den Entwurf eines Grundriſſes geſchieht, ſondern die man der Landſchaft,

den Bodenverhältniſſen und der Laune des Erbauers anpaßt. Hatte ſchon Plinius in ſeinem Laurentinum das Ruhebett ſo geſtellt, daß er das Meer zu ſeinen Füßen hatte, ſo hatte ſich Diomedes in Pompeji ein mit drei Rieſenfenſtern verſehenes halbkreisförmiges Schlafzimmer erbauen laſſen, von deſſen in einer Niſche ſtehendem Bett aus der Blick die Umgebung erfaſſen konnte. (S. Abb. 431 S. 329, Nr. 14.) Hadrian aber ließ eine gewaltige über 200 m lange Mauer in der Oſt-Weſtrichtung aufführen, die wegen

Abb. 433. Aus der Villa des Hadrian zu Tivoli. Im Hintergrunde die 200 Meter lange Mauer.

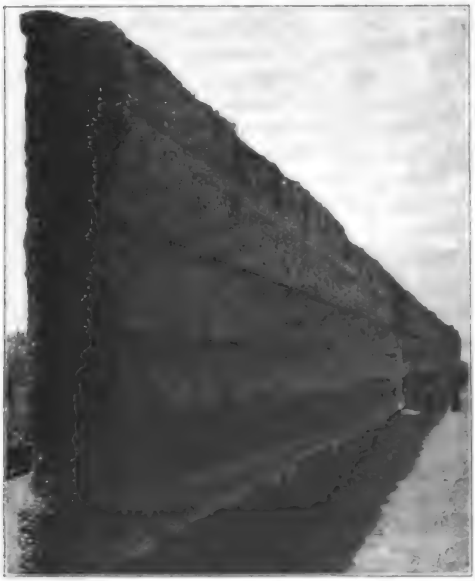


Abb. 434. Die 200 Meter lange „Spaziermauer" in der Villa des Hadrian bei Tivoli.

ihrer Stellung zur Sonne auf der einen Seite warmen Sonnenſchein, auf der anderen aber kühlen Schatten darbot, ſo daß man zu jeder Tageszeit ganz nach Belieben in der Sonne oder im Schatten ſpazieren gehen konnte. (Abb. 433, 434 u. 435 S. 332.)

Gehen wir nun auf die Technik der Inneneinrichtung der römiſchen Häuſer etwas näher ein, ſo fällt uns hier zunächſt auf, daß die einzelnen Räume im Verhältnis zu den unſrigen äußerſt klein waren. Das Haus des Panſa in Pompeji hat eine Breite von 33 Metern und eine Tiefe von 6 Metern. (Abb. 429 S. 328.) Ein moderner Baumeiſter würde auf dieſer Grundfläche vielleicht 15—20 Wohnräume anlegen. Das alte Haus enthält aber nicht weniger als 60 verſchiedene Räumlichkeiten. So iſt es faſt überall: Was uns am römiſchen Hauſe zunächſt auffällt, iſt die Kleinheit der Räume. Selbſt in der ſo weitläufig gebauten und ſo luxuriös ausgeſtatteten Villa des Hadrian ſind die „Gaſtzimmer"

Digitized by Google

weiter nichts als kleine, ziemlich enge Kammern (Abb. 525 S. 391). Auch diese Eigenart erklärt sich aus der Vorliebe des Südländers, seine Zeit möglichst im Freien zu verbringen. Aus dieser Vorliebe heraus ergab sich auch eine eigenartige Ausgestaltung des Daches. Man machte es vielfach flach, um dort lustwandeln und in kühleren Stunden oder Tagen den Sonnenschein genießen zu können. Darum hieß es auch „solarium". Da man auf dem Solarium aber unter Umständen auch den Schatten sowie einen kühlen Aufenthalt wünschte, so brachte man Laubengänge oder luftige Aufenthaltsräume, die „pergulae" darauf an. In diesen nahm man auch gerne die Mahlzeiten ein. Als man dann zweigeschossig baute, dienten die oberen Gemächer zum Teil diesem Zweck und wurden deshalb „cenacula" genannt. Das Vestibulum ist gegen die Straße zu unverschlossen (s. Abb. 426 S. 326, 428 u. 430 S. 328 u. 431 S. 329). In ärmeren Stadtvierteln fehlt es ganz, oder es ist sehr klein. Je nach dem Reichtum des Besitzers wächst seine Größe, und in manchen Häusern wird es zu einer Art von Saal, in dem Säulenhallen, Statuen und sonstige Kunstwerke stehen. Bei Miethäusern führt von hier aus vielfach die Treppe in das Obergeschoß. Gegen das Haus zu ist das Vestibulum durch die Haustür abgeschlossen, die sich wohl meist nach innen öffnete. Nur bei sehr angesehener Stellung des Besitzers wurde ihm gestattet, eine nach außen sich öffnende Tür anbringen

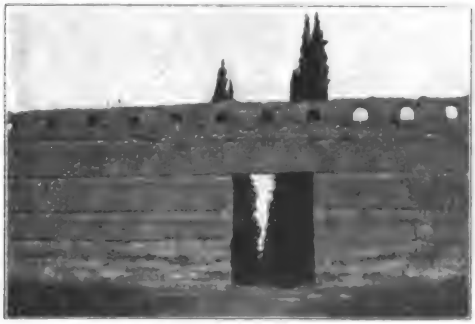


Abb. 435. Teil der Spaziermauer des Hadrian bei Tivoli.

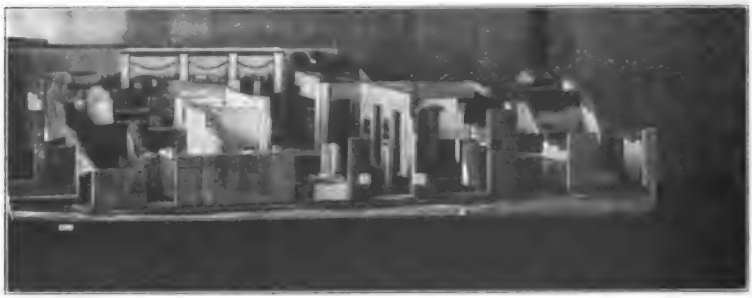


Abb. 436. Reste eines römischen Hauses. Das „Haus des Sallust". Modell nach den Ausgrabungen in Pompeji. — Deutsches Museum.

zu lassen. (Über die Türe selbst siehe S. 337.) Hinter der Tür, auf dem inneren Hausflur, dem „ostium", befindet sich häufig eine kleine Kammer für den Türhüter (vergleiche Abb. 442 S. 335), der hier zusammen mit dem Hunde die Wache hält. Darum steht an dieser Stelle so manchmal im Fuß-

Digitized by Google

boden, entweder aufgemalt oder in Mosaikarbeit hergestellt, die Warnung: „cave canem!“

An das Ostium, das manchmal auch fehlt, schließt sich das Atrium an. Vitruv (VI 3) unterscheidet fünf Arten von Atrien, die nach ihrer Gestalt tuskisch, korinthisch, viersäulig (tetrastylum), trauflos (displuviatum) und überdeckt (testudinatum) genannt werden. Von diesen fünf Arten war nur das atrium testudinatum ganz bedeckt, die übrigen waren teilweise offen.

Das tuskische Atrium ist ein einfacher viereckiger Hof mit einem nach innen geneigten Dache. Das Dach wurde von zwei Hauptbalken getragen, deren Enden in den Wänden lagen, sowie von zwei in die Hauptbalken eingebundenen Nebenbalken. Mazois hat dieses Atrium rekonstruiert (Abb. 438 u. 439 S. 334): „a sind die Mauern, b die Hauptbalken (trabes), c die in die Hauptbalken eingefügten Nebenbalken (tigilli oder trabeculae), durch welche die viereckige innere Öffnung hergestellt wird, d die Zwischenbalken (interpensivae), durch welche die gleiche Höhe dieses ganzen Balkenwerks hergestellt wird, e die geneigten Streben (tigni colliciarum), f die Latten (capreoli). Gedeckt wurde das Dach durch zweierlei Ziegel, Plattziegel (imbrices) 1 und Hohlziegel (tegulae) 2, welche über die zusammenstoßenden Plattziegel gelegt wurden, um die Fugen zu schließen; von ihnen unterscheidet man noch die Hohlziegel, welche den Zusammenstoß der Dachseiten bedecken, 3, unter dem Namen der tegulae colliciarum“. Bei dem in Pompeji ausgegrabenen, aber infolge Zusammenbruchs leider verschwundenen Dach des Peristyls in der 1852 aufgedeckten Casa di Sirico finden sich die erwähnten Ziegel sämtlich vor (Abb. 440 S. 334): „A sind die Plattziegel, B die über ihre Fugen gestürzten Hohlziegel, C sind die eigentümlichen Flachziegel, mit denen die zusammenstoßenden Kanten zweier nach innen gegeneinander geneigten Dachschrägen gedeckt wurden, eine offenbar vortreffliche Erfindung, um sowohl den raschen Ablauf des Wassers wie auch die Dichtigkeit der Bedachung an dem Punkte zu sichern, welchem das Wasser von beiden Dachschrägen zulief. Einige der gewöhnlichen

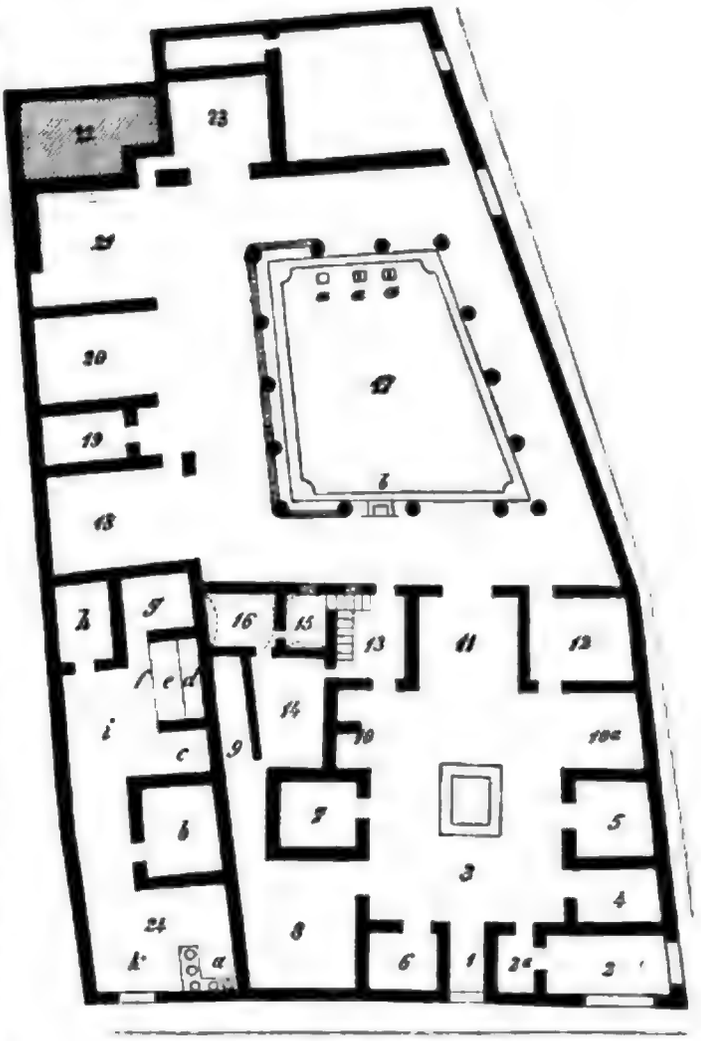


Abb. 437. Haus mit tuskischem Atrium (Haus des M. Nonius in Pompeji).

1 Ostium; 2, 2a Laden mit Hinterzimmer; 3 Atrium; 4, 5, 6, 7 Schlafzimmer; 8 Vorplatz; 9 Gang; 10, 10a Alae; 11 Tablinum; 12 Oecus; 13 Vorplatz; 14 Küche; 15 Tepidarium; 16 Caldarium; 17 Säulengang; 18 Exedra (Gesellschaftszimmer mit Ruhebänken an den Wänden); 19 Schlafzimmer; 20 Oecus; 21 Sommertriclinium; 22 u. 23 (? verschüttet); 24 Laden.

Digitized by Google

Plattziegel 1, 2, 3 sind mit eigenen Lichtöffnungen von etwas verschiedener Gestalt versehen, die möglicherweise, obgleich nichts dergleichen aufgefunden worden, mit irgendeinem durchsichtigen Material geschlossen gewesen sind, um ihren Zweck, den

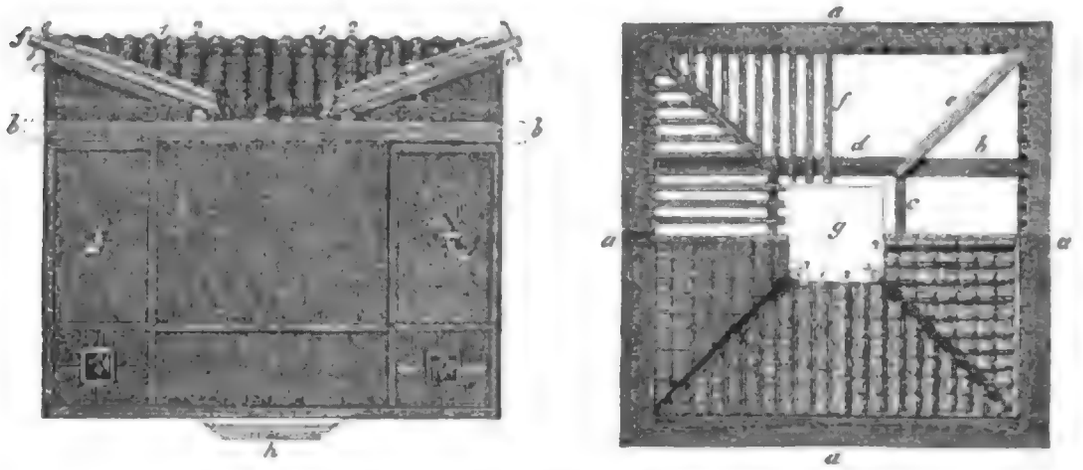


Abb. 438 u. 439. Tuskisches Atrium (Plan und Durchschnitt).

Regen abzuhalten, zu erfüllen und dennoch Licht in den unter ihnen belegenen Raum zu lassen. Ganz sicher sind wir übrigens über diese Einzelheit noch nicht. Beigegeben sind der Figur (440) Abbildungen der einzelnen Ziegel in größerem

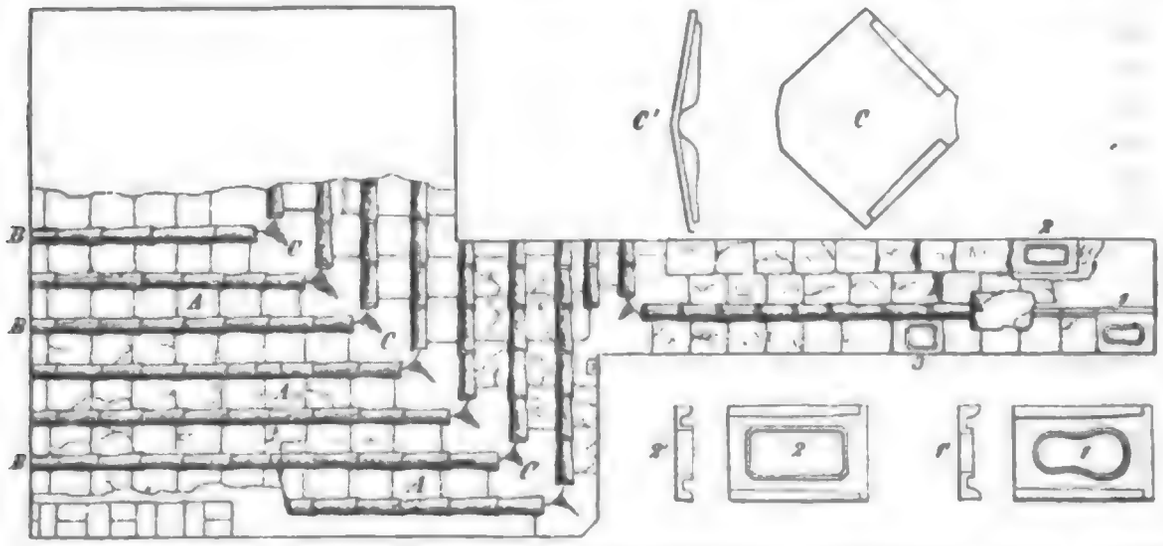


Abb. 440. Ziegeldach der Casa di Sirico in Pompeji.

Maßstabe, mit denselben Buchstaben und Zahlen wie in der Gesamtzeichnung versehen; C' ist eine Profilansicht der neuentdeckten Eckziegel, welche deren Biegung und aufstehende Ränder zeigt, über welche die Hohlziegel gelegt wurden."
(Overbeck.)

Das korinthische Atrium und das viersäulige Atrium gleichen in ihren Grundzügen dem tuskischen, nur liegen beim viersäuligen die Hauptbalken an den vier Punkten, wo die Nebenbalken eingebunden sind, auf Säulen auf. Das korinthische Atrium hat mehr Säulen als das viersäulige und, um sie anbringen zu können, eine

Digitized by Google

größere Öffnung des compluvium. Die Balken reichen nur von der Wand bis zum Epistyl der Säulen. Beim Atrium displuviatum ist das Dach nach außen geneigt. Der Regen fließt also nicht in das Impluvium, sondern wird in den an der äußeren Dachkante befindlichen Rinnen gesammelt, von wo aus er in die Zisterne fließt. Nach Vitruv gewährt diese Art des Atriums bei Winterwohnungen sehr große Vorteile, weil die aufwärts gerichteten Dächer der Beleuchtung der Speisesäle nicht hinderlich sind. Sie hat aber den Nachteil, daß sie viel Reparaturen erfordert, da die Traufen oft überlaufen, wodurch die Wände und das Holzwerk des Gebäudes zerstört werden. Das Atrium displuviatum hatte aber noch eine innere Öffnung, die beim Atrium testudinatum fehlt. Dieses hatte mit der Schildkröte (testudo), von der es seinen Namen ableitete, keine Ähnlichkeit; es hatte kein gewölbtes, sondern ein pyramidenförmiges Dach. Vitruv empfiehlt es überall da, wo man geräumige Wohnungen im oberen Stockwerk anbringen will.

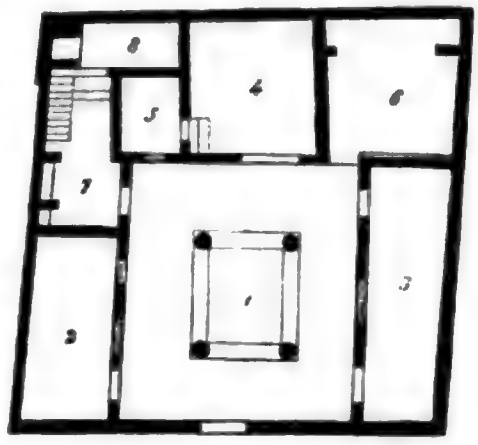


Abb. 441. Tetrastyles Atrium in einem kleinen Hause in Pompeji.

Die Haustür führt ohne Ostium unmittelbar ins Atrium (1); 2, 3 Arbeitsräume (?); 4 Tablinum; 5 Schlafzimmer; 6 (?); 7 Küche mit Herd, Ausguß und Treppe zum Obergeschoß.

Keller (hypogaeae oder apogaeae) finden sich in den Häusern des Altertums gleichfalls, jedoch nicht so häufig wie bei uns. Sie erhalten ihr Licht vom Hof oder vom Peristyl aus und zeigen zuweilen eine gewölbte Decke. Die Fenster sind im Verhältnis zur Hausfläche in der Regel kleiner als bei uns. Die Läden enthalten, an den Verkaufsraum anschließend, zuweilen noch einige Zimmer. (Abb. 437 S. 333 u. 444 S. 336.) Unter Umständen sind sie auch mit im oberen Stocke gelegenen Schlafzimmern verbunden.

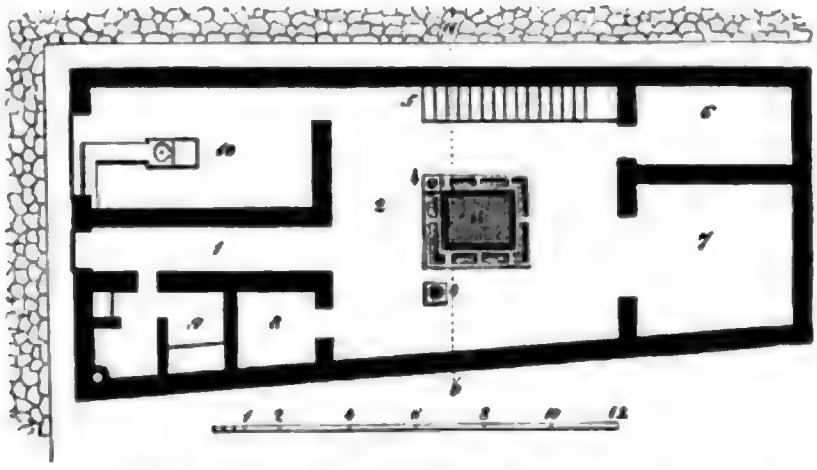


Abb. 442. Haus mit Atrium displuviatum (sog. Casa di Modesto in Pompeji).

Bei 3 fehlt das vertiefte Impluvium, hingegen läßt die Doppelmauer darauf schließen, daß hier Blumen angepflanzt waren. Neben diesem „Pseudoimpluvium" sind bei 4 die Mündungen der Zisterne, in die das von dem nach außen geneigten Dache abfließende und in Röhren gesammelte Regenwasser hineingeleitet wurde. 1 Ostium; 2 Atrium; 3 Pseudoimpluvium; 4 Zisternenmündungen; 5 Treppe zu 2 Gemächern im Obergeschoß; 6 u. 7 Gemächer; 8 Zimmer des Türhüters; 9 Küche; 10 Laden mit Ladentisch, der hier mit dem Innern des Hauses in Verbindung steht.

Digitized by Google

Vorn an der Straße ſtand der Verkaufstiſch, an dem vorbei man ins Innere des Ladens gelangen konnte. In den Verkaufstiſch waren oft Öffnungen zur Auf-

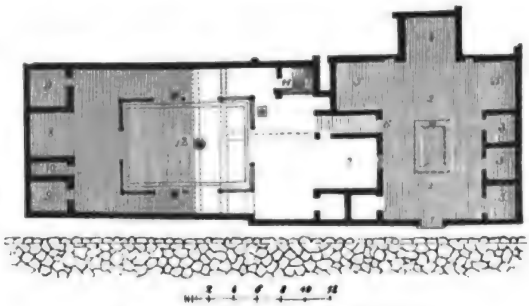


Abb. 443. Unterkellertes Haus in Pompeji.
(Der nicht ſchraffierte Teil des Hauſes iſt unterkellert.)

1 Tür ohne Vestibulum; 2 Atrium; 3 u. 9 Schlafzimmer; 4 Tablinum; 5 Alae; 6 Treppe; 7 Triclinium; 8 Exedra; 10 Treppe zum Obergeſchoß; 11 Kellertreppe.

nahme von Waren u. dgl. eingelaſſen. (S. Abb. 444, 445 und 411 S. 313.) Die zum Laden führende Schwelle war auf drei Viertel bis vier Fünftel ihrer Breite mit einer ſchmalen Rille verſehen. In dieſe ſchmale Rille wurden, um den Laden zu ver-

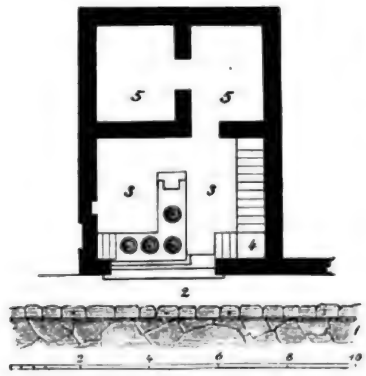


Abb. 444. Plan eines Ladens.
3 Ladenraum mit rechtwinklig gebrochenem Ladentiſch. Der Tiſch enthält Höhlungen zur Aufnahme von Gefäßen. Auf ſeinem Ende ein kleiner Ofen (es handelt ſich um Verkauf von Lebensmitteln, Garküche od. dergl.), an den Wänden Geſtelle; 4 Treppe zu den oberen Räumen; 5 Hinterzimmer; 1 Fahrdamm; 2 Bürgerſteig.

Abb. 445. Anſicht eines Ladens in Pompeji (Rekonſtruktion).

ſchließen, ſchmale Bretter eingeſtellt, die mit ihren Enden übereinandergriffen, und die ſich von der Seite her einſchieben ließen. Da, wo die Rille in der Schwelle aufhörte, ſtand eine Art beweglicher Türflügel, der ſich, wie die übrigen Türen, in Angeln

Digitized by Google

Abb. 446. Römiſcher Ladeneingang.
a Einrichtung zum Verſchluß der Tür; b in die Schwelle eingehauene Rille.

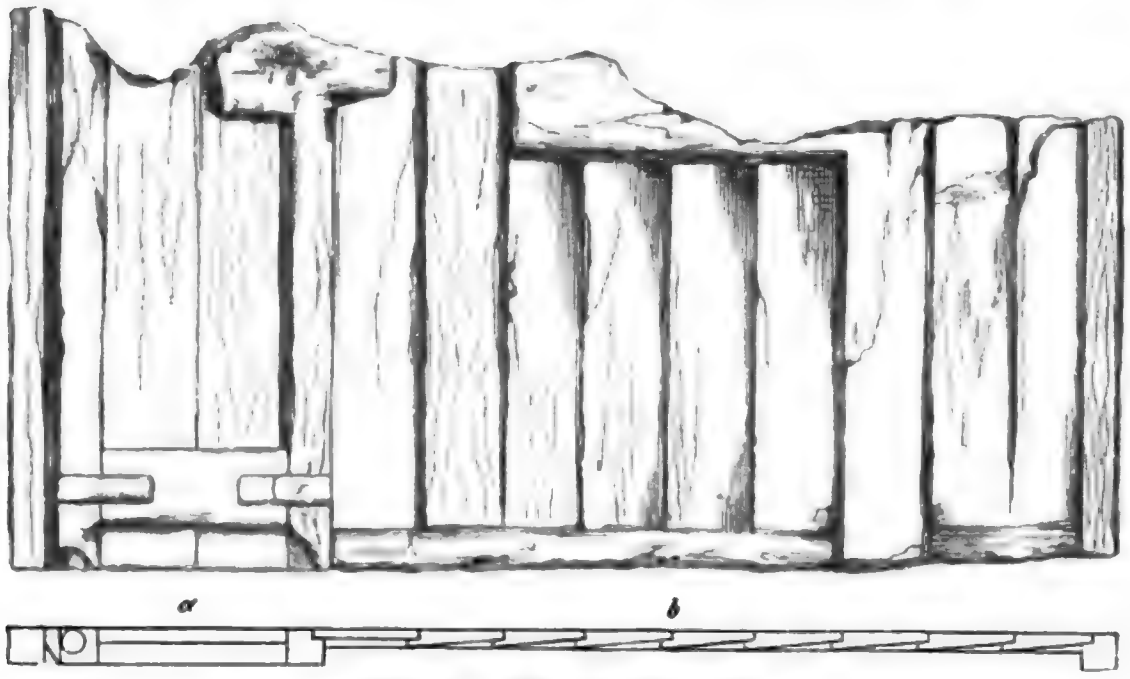


Abb. 447 u. 448. Ladenverſchluß.
a Einrichtung zum Verſchluß der Tür; b Bretter, mit ihren Enden übereinandergreifend.

drehte. Er wurde bei Nacht zurückgeklappt, bei Tage vorgeſchoben und dann durch ein Schloß mit dem anſchließenden Brette des Ladenverſchluſſes feſt verbunden. Damit war dann der Laden vollkommen abgeſchloſſen, gingen doch, wie Rillen auch am oberen Querbalken derartiger Ladenöffnungen zeigen, die Bretter für gewöhnlich wohl bis dort hinauf. (Abb. 446, 447 und 448.)

Die Türen.

Die einzelnen Räume im Innern des Hauſes wurden entweder durch Türen oder vielfach auch lediglich durch Vorhänge voneinander abgeſchloſſen. Dieſe Türen waren ebenſo wie die Haustüren aus Holz, und zwar verwendete man mit Vorliebe das Holz der Zypreſſe, der Eiche und der Tanne. Für die Türzapfen nahm man hartes Holz, Buchsbaum, Eiche, Olive, Ulme, ebenſo für die Türriegel. Man verwendete ſehr gut ausgetrocknetes Holz, das man nach dem Leimen oft noch jahrelang in der Verklammerung liegen ließ, um das Werfen zu verhüten. Bei den Häuſern Reicher waren die Türen furniert und mit Zieraten von Bronze, Elfenbein uſw. verziert. Um dem Werfen des Holzes entgegenzuwirken, waren die Türen nicht einfach aus Brettern zuſammengeſchlagen, ſondern mit Füllungen (paginae: Plinius XVI 225) verſehen. Die Füllungen waren vertieft, der Winkel zwiſchen Rahmen und Füllung wurde mit einer profilierten Leiſte verkleidet. Die antike Tür hing nicht, wie die unſrige, in

Digitized by Google

Angeln, sondern war mit Zapfen (στρόφιγγες, cardines, scapi cardinales) in die Unter- und Oberschwelle eingelassen. Die Zapfen waren, wie schon erwähnt, aus hartem Holz hergestellt, häufiger jedoch bestanden sie aus Bronzeguß. Manchmal waren an den Türen auch besondere, oben und unten als Zapfen hervorragende Balken (ἄξονες, d. i. Achsen) angebracht. Die Zapfen drehten sich in den in der Ober- und Unterschwelle ausgehöhlten Lagern, in denen gleichfalls häufig entsprechende Bronzeschuhe eingelassen waren. Meist jedoch saßen die Bronzeschuhe an den Zapfen, oder Zapfen und Lager sind mit Schuhen versehen. Später bekommt der Schuh unten noch eine Spitze, um einen festeren Sitz der Tür und eine sichere Führung zu erzielen. Der Verschluß der Tür geschah mit Hilfe von Riegeln (pessuli), die sich in die Ober- oder Unterschwelle einschoben, oder mit Hilfe von Querbalken, die über die ganze Breite der Tür gelegt wurden und für die entsprechende Aussparungen in die Pfosten eingehauen waren. Ein besonders eigenartiger Verschluß bestand auch darin, daß man von hinten her einen Balken schräg gegen die Tür stemmte, dessen unterer Teil sich an einen eigens zu diesem Zweck in den Fußboden eingelassenen erhöhten Stein anlegte. Außerdem aber standen im ganzen Altertum zum Verschlusse der Türen noch Schlösser im Gebrauche.

Schlösser und Schlüssel.

Das Schloß und der Schlüssel werden schon von Homer erwähnt (Odyssee XXI 5, 42). Der Schlüssel ist dadurch entstanden, daß man die Tür zunächst durch einen Riegel verschloß, der in ein Loch der Türfassung oder bei zweiflügeligen Türen in eine auf den einen Flügel aufgenagelte Klammer eingriff. Da ein derartiger Verschluß leicht geöffnet werden konnte, so schuf man dadurch ein Hemmnis, daß man am Riegel einen Ausschnitt anbrachte, in den man einen oder mehrere Zapfen oder Bolzen einfallen ließ. Wollte man den Riegel öffnen, so mußte man zuerst den oder die Bolzen aus diesen Einschnitten herausheben. Das ließ sich von innen her leicht bewerkstelligen. Wollte man jedoch die Tür von außen öffnen, so mußte man dazu ein besonderes Instrument haben. So kam man zur Erfindung des Schlüssels, der in seiner ursprünglichsten Form aus einem geraden Stabe mit zinnenartigen Erhebungen bestand. Der Teil des Stabes, auf dem sich die Zinnen befanden, wurde, wenn notwendig, so umgebogen, daß man durch ein Loch in der Tür, das Schlüsselloch, bequem nach den Riegeln langen konnte. In dieser Form tritt uns der Schlüssel im alten Ägypten entgegen. Die eben beschriebenen Teile des Schlosses waren ursprünglich aus Holz hergestellt, der Schlüssel, mit dem man imstande sein mußte, einen entsprechenden Druck auszuüben, war ursprünglich wohl auch aus Holz, dann aus Bein und schließlich aus Metall. Vereinzelt wurden dann schon in Ägypten auch die Schlösser aus Metall hergestellt. Die Konstruktion dieser altägyptischen Schlösser, die schon aus der Zeit Ramses' II. (1292—1225) bekannt sind, und die sowohl bei den alten Griechen wie bei den Römern im Gebrauch standen und sogar heute noch im Orient Verwendung finden, ist in ihrer einfachsten Form die folgende, wobei wir uns auf die Erläuterungen von Diels zu den Jacobischen Rekonstruktionen stützen. Wir nehmen dabei an, daß das Schloß so liegt, daß man einen geraden Schlüssel verwenden kann. Macht seine Lage die Verwendung eines gebogenen Schlüssels notwendig, wie uns solche aus altägyptischen Funden erhalten sind, so ändert dies an der Sache selbst nichts. Der Schlüssel kann eine beliebige Anzahl von Zinnen oder Zinken haben. Man kann ihn nun entweder in den zu diesem Zwecke mit einer Höhlung versehenen Riegel R

Digitized by Google

oder in das darüber befindliche Gehäuſe einſtecken (Abb. 449—451). Steckt er im Riegel, ſo wird er etwas emporgedrückt, wodurch die von oben her in den Riegel herabgefallenen Klötzchen B gehoben werden. Die Zinken ſtehen dann da, wo vorher die Klötzchen waren, nämlich in den im oberen Teile des Riegels befindlichen Öffnungen, die bis zu der Rinne niederführen, durch die man den Schlüſſel eingeſteckt hat. Es gelingt

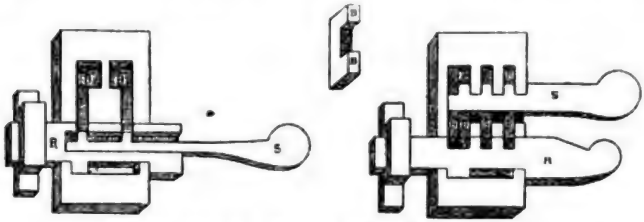


Abb. 449—451. Modelle römiſcher Schlöſſer.

dann leicht, den Riegel nach der Gegend, aus der man den Schlüſſel einſteckte, herauszuziehen. Für dieſes Schloß braucht man nur eine Hand. Wird aber der Schlüſſel bei dem eben ſchon erwähnten zweiten Syſtem in das Gehäuſe eingeführt, ſo werden durch den von unten nach oben auf ihn ausgeübten Druck die Klötzchen ſo weit gehoben, daß ſie nicht mehr in den im Riegel befindlichen Ausſparungen ſitzen. Man kann dann den Riegel mit der anderen Hand erfaſſen und ihn nach der Seite zu, auf der man ſteht, herausziehen. Da die Klötzchen als βάλανοι, d. i. „Eicheln" bezeichnet werden, ſo wird dieſes Schloß „Balanosſchloß" genannt. (Alſo die Grundlage, auf dem ſich das heutige Schloß vieler Kaſſenſchränke, das „Yaleſchloß", aufbaut, bei dem die Zinken des Schlüſſels verſchiedene Länge haben, die aufs genaueſte mit Ausfeilungen in den lamellenförmigen Klötzchen übereinſtimmen müſſen, ſonſt laſſen ſich dieſe nicht ſo weit heben, daß ein Sperren des Schloſſes möglich iſt.) Das

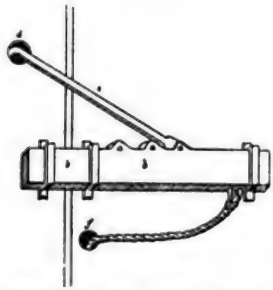


Abb. 452. Das homeriſche Schloß

Das homeriſche Schloß hatte einen Höcker a; die obenſtehende Anordnung Brinkmanns, die als naheliegend im Altertum wohl gleichfalls gebraucht wurde, iſt mit 3 Höckern verſehen, wodurch ein weiterer Spielraum des Riegels gewonnen wird.

Abb. 453. Das Öffnen des homeriſchen Schloſſes. Griechiſches Vaſenbild.

Berlin, Altes Muſeum, Antiquarium.
(Erläuterung ſiehe im beiſtehenden auf Diels' Angaben beruhenden Text.)

altgriechiſche Schloß, von dem uns Homer erzählt, beſtand in der Hauptſache aus einem Holzriegel, der an der inneren Türſeite angebracht war. (Abb. 452 und 453.) Durch

einen schmalen Riemen zog man ihn von außen in die Schließstellung. Der Riemen wurde dann verknotet. Mußte man die Tür von außen öffnen, so löste man zuerst den Knoten und stieß dann den Riegel mit einem langen hakenförmigen Schlüssel zurück. Wie der Schlüssel aussah, zeigen uns Abbildungen (Abb. 453 und 454) und zeigt uns vor allem ein Fund, der des Schlüssels vom Artemistempel in Lusoi in Arkadien. Der Riegel selbst hatte nach Brinkmann oben wohl einige Höcker a, durch die man mittels des von außen her in das Schlüsselloch d gesteckten Schlüssels e den Riegel b zurückschob. (Abb. 452 S. 339.) Wollte man die Tür von außen schließen, so brauchte man nur an dem Stricke f zu ziehen. Sehr sicher war dieser Verschluß ja nicht, weshalb auch die schlaue Penelope den Riemen in einer besonderen Art verknotet. In nachhomerischer Zeit wird auch dieses griechische Schloß immer mehr vervollkommnet, und Schliemann findet bei seinen Ausgrabungen in Mykenä sowohl wie zu Ilios eiserne Schlüssel mit Bart oder drei Zähnen sowie einen Ring zum Aufhängen. (Abb. 455.)

Abb. 454. Dienerin mit Schlüssel. Attisches Grabrelief.

Seine hauptsächlichste Ausbildung erfährt das metallene und insbesondere das eiserne Schloß jedoch erst bei den Römern. Das römische Schloß zeigt durch seine ganze Anordnung, daß es aus dem alten Holzschlosse hervorgegangen ist. Seine

Abb. 455. Schlüssel aus Ilios.

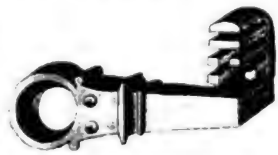


Abb. 456. Römischer Schlüssel.

wichtigste Verbesserung diesem gegenüber besteht in der Anwendung der Feder, die die Klötzchen in die Aussparungen des Riegels niederdrückt und ihrem Emporheben einen gewissen Widerstand entgegensetzt. Man muß also einen stärkeren Druck ausüben, wenn man die Klötzchen heben will, einen Druck, der die Anwendung eines metallenen Schlüssels erfordert. Außerdem wird aber auch noch die Stellung dieser Klötzchen derart verändert, daß sie nur durch Anwendung eines ganz bestimmten Schlüssels gehoben werden können. Dadurch erhält der Schlüsselbart eine für jeden Fall andere, oft sehr komplizierte Gestalt. (Abb. 456.) Er greift in die zellenartigen Öffnungen des Riegels ein, verdrängt die eingeklemmten Klötzchen, die jetzt zu

Digitized by Google

vorkommende Gestalt des Schlüssels ist die des Fingerringschlüssels, der, zuerst aus Bronze, später aus Silber und Gold hergestellt, vom Familienoberhaupt als Zeichen seiner Autorität am Mittelfinger der linken Hand getragen wurde. Später bildet der Fingerringschlüssel einen Schmuck der eleganten Römerin.

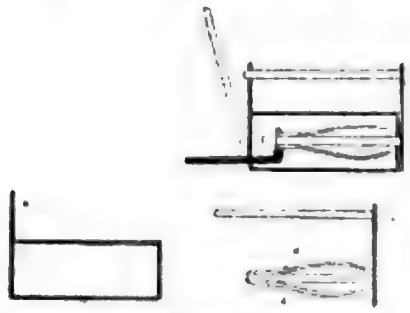


Abb. 460. Römisches Vorlegeschloß.

Auch Vorlegeschlösser kannte man bei den Römern. Sie bestanden aus zwei Teilen, die einfach ineinandergesteckt wurden. Eine Doppelfeder, die sich gegen die Öffnung spreizte, verhinderte das Öffnen. Sollte das Schloß geöffnet werden, so mußte sie durch einen eingesteckten Schlüssel c zusammengedrückt werden. (Abb. 460.)

Literatur zum Abschnitte „Die Häuser" siehe hinter dem Abschnitte „Bauarten, Bauausführung und Baustoffe".

Digitized by Google

Monumental- und öffentliche Bauten.

Das Altertum brachte eine große Menge monumentaler und öffentlicher Bauten von oft gewaltiger Größe und riesenhaften Abmessungen hervor. Vielen dieser Bauten vermag unsere heutige auf so hoher Stufe der Entwicklung stehende Technik nichts Ähnliches an die Seite zu stellen. Die ungeheuren Massen des zu ihrer Herstellung verwendeten Materials haben vielfach zu der Ansicht geführt, daß man im Altertum über besondere technische Hilfsmittel verfügt haben müsse, die mehr leisteten als unsere jetzigen, und deren Kenntnis verlorengegangen ist. Nichts falscher als dies! Die technischen Hilfsmittel des Altertums waren, wie im Abschnitte „Technische Mechanik und Maschinen" nachgewiesen ist, durchweg äußerst einfache. Die gewaltigen Leistungen kamen nur dadurch zustande, daß im Altertum sowohl das Menschenmaterial wie auch die Zeit wenig Wert hatten, so daß man mit beiden in einer Weise verschwenderisch umgehen konnte, die uns heute vollkommen fremd geworden ist.

Auch sonst lassen sich an den monumentalen und öffentlichen Bauten des Altertums nur verhältnismäßig wenige allgemeine technische Merkmale erkennen, die nicht schon in diesem Werke bei anderer Gelegenheit wie z. B im Abschnitte „Bauausführung" usw. usw. ihre eingehende Würdigung gefunden hätten. Man baute eben nach den damals üblichen Grundsätzen, wie sie auch bei der Herstellung von Häusern, Befestigungen usw. usw. zur Anwendung kamen. Trotzdem weisen aber einzelne dieser Bauwerke noch besondere technische Merkmale auf, die nur ihnen eigentümlich sind. Es wird daher unsere Aufgabe sein, in den nachstehenden Ausführungen auf diese technischen Einzelheiten näher einzugehen. Wenn eine besondere Art eines Monumentalbaues nicht erwähnt ist, so beweist das, daß ihm derartige technische Besonderlichkeiten fehlen und daß bei seiner Errichtung lediglich die allgemeinen, in diesem Werk ausführlich erörterten Grundsätze der Bauausführung sowie die üblichen Handwerkszeuge, Hilfsmittel usw. zur Anwendung kamen. Die Größe allein verleiht einem Bauwerke noch keine technische Eigenart.

Die Pyramiden.

Unter den Monumentalbauten, die sich durch solche technische Eigenarten auszeichnen, stehen die Pyramiden obenan. In Ägypten sind ganz oder in Spuren alles in allem etwa 80 Königsgräber erhalten, die die Form einer Pyramide haben. Die größte und bedeutendste von allen ist die Cheopspyramide. Den unteren Teil dieser Pyramide samt der unterirdischen, in natürlichen Felsen ausgehauenen Grabkammer baute Cheops der Zweite (um 2600 v. Chr.); das große Werk vollendete dann Chabryes (Schafra), der fünfte und letzte König der IV. Dynastie, der sich

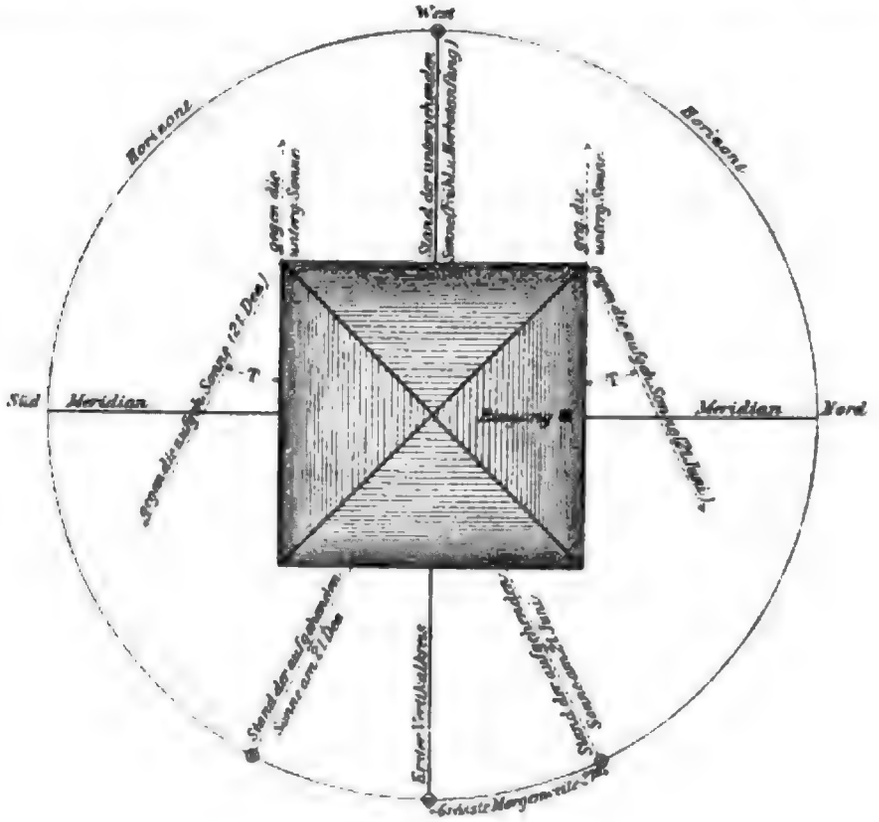
Digitized by Google

in dem oberirdischen Teile der Pyramide eine prachtvolle Grabkammer errichten ließ. Die unterirdische Grabkammer ist eine rohe unfertige Höhle geblieben. Die Länge der Grundlinien beträgt 232,16 m, die Höhe der Pyramide beläuft sich auf 147,80 m.

Zum Bau des Werkes waren über 2½ Millionen Kubikmeter Mauerwerk nötig. Das Material war Nummuliten-Kalkstein, den man aus den großen Brüchen des Mokattam-Gebirges bei Kairo gewonnen hatte. Ganz besonders bemerkenswert sind nun die Beziehungen zwischen Mathematik und Technik, die sich gerade an der Pyramide ergeben und mit denen sich schon im 17. Jahrhundert der englische Physiker und Mathematiker Isaac Newton beschäftigt hatte, die aber erst im Laufe des vorigen Jahrhunderts in weiterem Umfange gelöst worden sind. Sie beweisen, daß die alten Ägypter erstaunliche mathematische und astronomische Kenntnisse hatten, die sie mit ihren hervorragendsten Monumentalbauten in die engsten Beziehungen zu bringen verstanden. Die vier Seiten der Pyramide sind genau nach den vier Himmelsrichtungen gestellt, was nach der Meinung Biots und anderer den Zweck hatte, die Zeit der Tag- und Nachtgleichen zu bestimmen. Dies geschah in der Weise, daß man den Tag beobachtete, an dem die Mitte der auf- und untergehenden Sonnenscheibe mit der nördlichen oder südlichen Grundlinie zusammenfiel. In ähnlicher Weise hat man die Morgen- und Abendweite der Sonne mit Hilfe der Pyramide bestimmt, und zwar für jeden beliebigen Tag des Jahres, indem man den Winkel T gemessen hat, der dort im Maximum den Wert von 27 Grad erreicht. (Abb. 461 und 462.) Auch noch anderweitige astronomische Beobachtungen konnte man mit Hilfe der Pyramide durchführen, da die von Nord nach Süd und von Ost nach West durch die Spitze der Pyramide geführten Schnitte mit den Ebenen des Meridians bzw. des ersten Vertikalkreises zusammenfallen. Der Pharao war nach der Auffassung der Ägypter der leuchtende Pol, um den sich die Welt drehte. Dies kommt in den technischen Verhältnissen der Pyramide dadurch zum Ausdruck, daß der Eingangsstollen in die unterirdische Grabkammer eine Neigung von genau 27 Grad hat. Da die Weltpole am Himmel nicht unveränderlich sind, sondern infolge der Präzession in ungefähr 26 000 Jahren (siehe unten) Kreise von 23½ Grad um die Pole der Ekliptik beschreiben, so wird jeder in der Nähe eines dieser Kreise gelegene Stern einmal Polarstern. Der gegenwärtige Polarstern ist der Stern α im Kleinen Bären. Zu Zeiten des Cheops war nach den Berechnungen von Flammarion und Ule der Stern α im Sternbilde des Drachen der Polarstern, der damals nahezu 3 Grad vom Nordpol entfernt stand. Die Höhe seiner oberen Kulmination war demnach 30 + 3 = 33 Grad, die der unteren 30 — 3 = 27 Grad (genau 26° 18′ 10″). Da auch der Eingangsstollen in die Grabkammer diese Neigung aufwies, so fielen die Strahlen des Polarsterns bei seiner unteren Kulmination direkt auf den toten Pharao, den dahingeschiedenen Pol der damaligen Welt! Die untere Kulmination des damaligen Polarsterns wurde, wie Herschel vermutet, der sich ebenfalls mit der Astronomie der Cheopspyramide beschäftigte, wahrscheinlich deshalb gewählt, weil im Jahre 2160 v. Chr. Alkyone im Sternbild der den Alten so wohl vertrauten Plejaden, heute der Stern η im Stier, zur gleichen Stunde den Meridian oberhalb des Pols kreuzte, wo der Stern α im Drachen seine untere Kulmination hatte, ein Zusammentreffen zweier astronomischer Vorgänge, das sich in 25 827 Jahren nicht wiederholt. Herschel schreibt deshalb dem Jahre 2160 v. Chr. eine hohe Bedeutung für den Pyramidenbau zu. Der 25 827 Jahre dauernde Kreislauf der Präzession der Tag- und Nachtgleichen scheint nach vielfacher Annahme in der Pyra-

Digitized by Google

mide gleichfalls festgelegt, beträgt doch der Umfang der Pyramide in der Höhe des Fußbodens der Königskammer 25 827 Pyramidenzoll! (Siehe unten.)



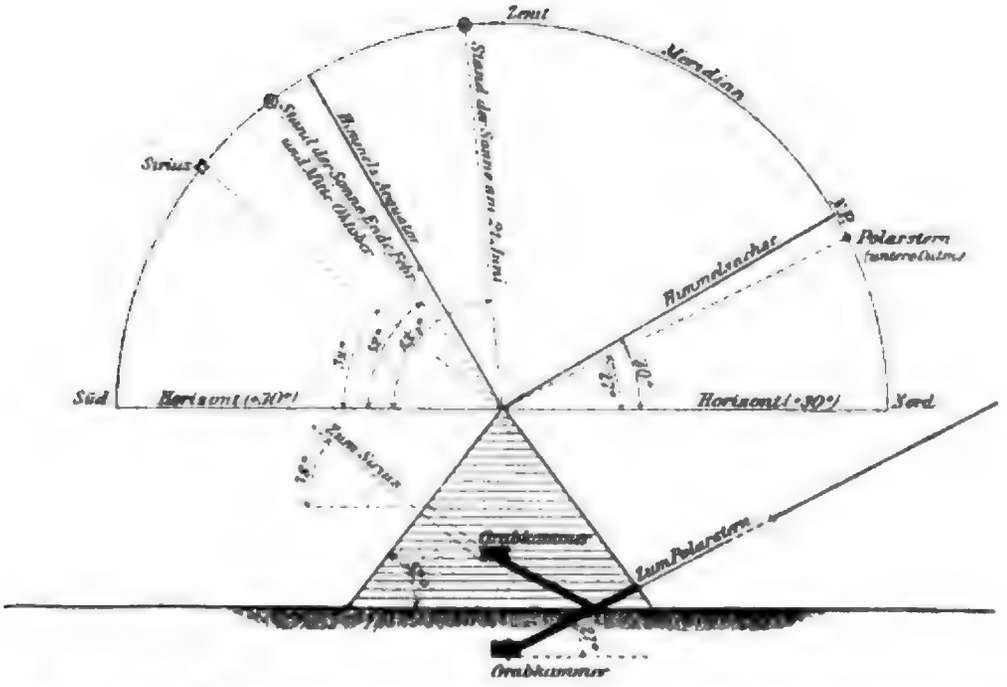


Abb. 461 u. 462. Darstellung der astronomischen Beziehungen der Cheopspyramide.

Digitized by Google

Aber noch mehr! Der helle Stern Sirius des südlichen Himmels war den Ägyptern, die ihn Sothis nannten, ein Gegenstand ganz besonderer Verehrung, er war für sie die Verkörperung der Göttin Isis. Nach ihm bestimmten sie ihre Jahre und einzelne wichtige Tage. Von der Grabkammer der Pyramide gehen Lüftungsstollen nach außen. Man hat nun den Seiten der Pyramide eine derartige Neigung gegeben, daß die auf die südliche Pyramidenseite fallenden Strahlen des kulminierenden Sirius diese genau im rechten Winkel treffen und dann durch den im gleichen Winkel auftreffenden Lüftungsstollen in die obere Grabkammer und damit auf den Sarg des toten Pharao gelangen. Zur Zeit des Cheops kulminierte der Sirius in Ägypten in einer Höhe von nahezu 38 Grad. Man mußte somit den Seiten die Neigung von 90 — 38 = 52 Grad (genau 51° 51' 14,3") geben. Auf eine weitere Beziehung dieser Zahl zum Pyramidenbau werden wir sogleich zurückkommen, vorher sei noch erwähnt, daß man durch die Neigung der Seiten von 52 Grad zugleich erreichte, daß die Mittagssonne die Pyramide von Ende Februar bis Mitte Oktober derart beleuchtete, daß sie überhaupt keinen Schatten wirft. Auch dies hat seine symbolische Bedeutung: Vom Erwachen der Natur bis zum Beginne des herbstlichen Welkens gießt der Sonnengott (Ra) jeden Mittag den vollen Glanz seiner Strahlen auf die Ruhestätte des Pharao! Des weiteren weist Schoy darauf hin, daß die Pyramide infolge ihrer Orientierung und des Neigungswinkels der Seitenflächen als Gnomon dienen konnte, ließ sich doch aus der Beleuchtung ihrer Flächen der Eintritt der vier Jahreszeiten mit ziemlicher Genauigkeit bestimmen (Fehlergrenze für die Tag- und Nachtgleichen weniger als 1 Tag, für die Sonnenwenden weniger als 1¾ Tag).

Der Winkel von 51° 51' 14,3" findet sich auch an den vor Jahrhunderten entfernten und zum Häuserbau in Kairo benutzten Verschalungssteinen der Pyramide, die dem ganzen, jetzt nur in Form des inneren Kerns erhaltenen und stufenförmig aufsteigenden Bau eine außerordentliche Glätte verliehen, so daß eine Besteigung vollkommen unmöglich war. Im Jahre 1837 wurden zwei dieser Verschalungssteine von Howard-Vyse entdeckt. Unterdessen hat Dow Covington an der nördlichen Grundlinie weitere Reste der Verschalung aufgefunden. Die Verschalungssteine erregen durch die äußerst genaue Arbeit ihrer Flächen, Winkel und Kanten Staunen. Sie müssen wunderbar aneinander gepaßt haben. Berechnet man nun unter Zugrundelegung der mathematischen Verhältnisse dieser Verschalungssteine die ursprüngliche Höhe und ursprüngliche Seitenlänge der Grundfläche der Pyramide, so ergibt sich nach Piazzi Smyth die erstaunliche Tatsache, daß der Umfang der quadratischen Grundfläche (928,64 m) gleich dem Umfang eines Kreises ist, dessen Halbmesser der Höhe (147,80 m) gleich ist.

$$u = 2 \cdot 147{,}80 \cdot \pi = 928{,}64.$$

Da dies wohl kaum ein Spiel des Zufalls zu sein scheint, so mußten die Erbauer der Pyramide das Verhältnis zwischen dem Umfang und dem Durchmesser eines Kreises, die berühmte Zahl π (= 3,1415926535 usw.), die von dem holländischen Mathematiker Ludolf van Ceulen erst im 16. Jahrhundert berechnet wurde, bereits vor Jahrtausenden nicht nur gekannt, sondern auch in der Technik verwendet haben.

Das Sonnenjahr unserer Erde hat 365,2422 Tage. Teilt man die Seitenlänge der Pyramide durch diese Zahl, so ergibt sich eine Länge, die sich in allen Maßen der Gänge und Kammern des Innern in auffallender Wiederholung zeigt und die Smyth deshalb das „Pyramidenmeter" (= 0,635 m) genannt hat. Dieses Pyramidenmeter ist nun merkwürdigerweise genau der zehnmillionste Teil der halben Polar-

Digitized by

achse der Erde. Teilt man das Pyramidenmeter in 25 gleiche Teile ein, so erhält man den „Pyramidenzoll", ein von den Erbauern der Pyramide wahrscheinlich gebrauchtes Maß, das vermutlich auf einer vor dem Eingang in die Königskammer befindlichen Granittafel dargestellt ist. Der Umfang der Grundfläche der Pyramide beträgt 36524,2 Pyramidenzoll, so daß man hier wieder dieselben Zahlen wie für das Sonnenjahr unserer Erde bekommt. Die Erdachse hat eine Länge von $5{,}10^{7}$ Pyramidenzoll. Die Entfernung der Sonne von der Erde beträgt 10^{9}mal die Höhe der Pyramide — wiederum eine ganz erstaunliche Tatsache, die unmöglich ein Zufall sein kann und uns neue Einblicke in das staunenswerte astronomische Wissen der Ägypter oder doch wenigstens ihrer Priester eröffnet. Im übrigen finden sich die

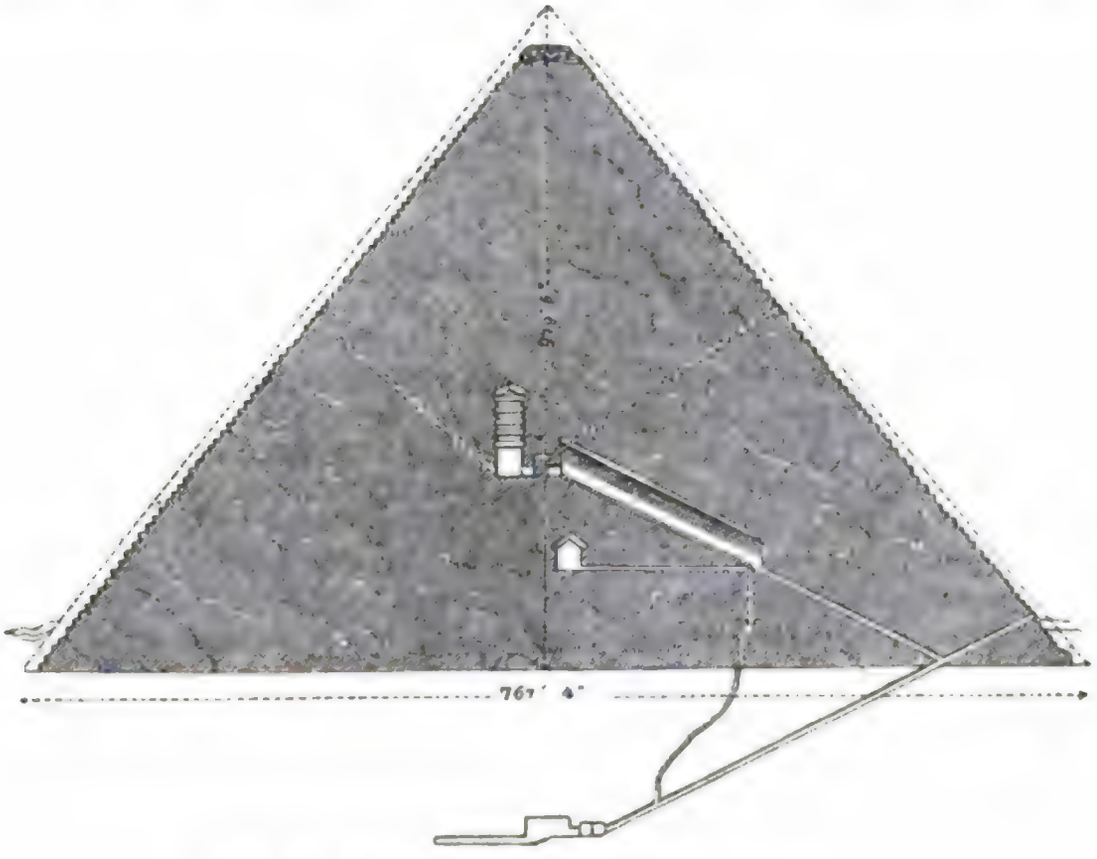


Abb. 463. Durchschnitt durch die Cheopspyramide

sicherlich nicht nur zufällig auf die Beziehungen zur Sonne hinweisenden Zahlen 10 und 9 auch in der äußeren Gestalt der Pyramide: die Höhe der Pyramide verhält sich zur halben Diagonale der Grundfläche wie 9 : 10.

Ersehen wir aus diesen Ausführungen, auf welch staunenswerten mathematischen Berechnungen und astronomischen Beziehungen die Linien, Flächen und Winkel der Pyramide beruhen, und welche Geheimnisse und Rätsel, die wahrscheinlich noch gar nicht alle gelöst sind, sie uns aufgibt, so zeigen uns die Forschungen von Dow Covington das Großartige der bei der Ausführung dieses Wunderwerks vollbrachten technischen Leistung. 100 000 Arbeiter haben 20 Jahre lang die Steine aufeinandergeschichtet (Herodot II 124) und nicht weniger als 2 300 000 einzelne Blöcke in 210 Schichten aufeinandergelegt. Die Verkleidung bestand aus weißem Kalkstein, so daß die Pyramide früher im hellen Lichte der dortigen Sonne einen blendenden,

Digitized by Google

ja geradezu leuchtenden Anblick dargeboten haben muß. Nachdem der oben erwähnte südliche Luftstollen und ebenso ein zweiter nördlicher ausgeräumt waren, zeigte es sich, daß die durch diese Stollen dringenden Luftströme musikalische Klänge erzeugten, die denen einer Äolsharfe ähnelten, für jeden Stollen verschieden waren und einen guten Zusammenklang gaben. Die Königskammer ist aus poliertem Granit, und zwar aus genau 100 Blöcken aufgeführt. Über ihr erheben sich noch fünf andere Kammern, von denen die Decke der einen immer den Boden der anderen bildet. Die Granitplatten der Decken sind sorgfältig poliert, die des Fußbodens sind rauh und uneben gelassen. Welchem Zwecke diese bereits 1763 von Davidson entdeckten Kammern dienten, ist bis heute Geheimnis geblieben. Wie man den im übrigen leeren und deckellosen Königssarg in die Grabkammer brachte, ist gleichfalls unerklärlich; sind doch alle Gänge, Stollen und Schächte viel zu eng, um ihn hindurchzulassen. Der Rätsel der großen Pyramide sind so viele, daß man sogar schon daran zweifelte, ob sie überhaupt ein Königsgrab darstellt. Vereinzelt tauchte die Annahme auf, sie hätte dazu gedient, das Normalmaß der Ägypter, das Pyramidenmeter, für ewig festzulegen; verwahrt man doch auch jetzt das Normalmaß für das metrische Maßsystem in Form eines nach menschlichem Ermessen für alle Ewigkeiten unveränderlichen, aus der Legierung Platiniridium gefertigten Maßstabes in einem besonderen feuer-, diebes- und erschütterungssicheren Gewölbe des Internationalen Büros für Maß und Gewicht zu St. Cloud bei Paris auf. Außerdem hat man, von der — falschen! — Annahme ausgehend, die Größe der Erdachse sei unveränderlich, die Größe des Meters auf die Größenverhältnisse der Erde bezogen, so daß man das Normalmeter, falls es je verlorengehen sollte, jederzeit wieder rekonstruieren kann. Vielleicht wollten die Ägypter ein Gleiches? Aber dies sind, wie erwähnt, nur Vermutungen, die allerdings von technischer Seite ausgehen. Jedenfalls ist es auffällig, daß nur die Cheopspyramide die vorstehend geschilderten technisch-mathematisch-astronomischen Verhältnisse aufweist, die bei allen übrigen Pyramiden fehlen. Diese sind nicht einmal nach den Himmelsrichtungen orientiert. Trotzdem muß man vorerst immer noch an der Annahme festhalten, daß auch die große Pyramide des Cheops eine Begräbnisstätte des ägyptischen Königs war.

Sphinxe.

Gleichfalls zu den Meisterleistungen altägyptischer Monumentaltechnik gehören die Sphinxe, die uns nicht nur durch ihre Größe, sondern auch durch die Art ihrer Ausführung in Erstaunen setzen. Wir bewundern in Luzern den aus dem Felsen herausgehauenen sterbenden Löwen Thorwaldsens. Was bedeutet er aber — sofern wir den künstlerischen Wert nicht berücksichtigen und nur die Abmessungen in Betracht ziehen — gegen den vor den Pyramiden von Gizeh gelegenen Sphinx, der gleichfalls aus einem einzigen Steinstück besteht, und dessen Höhe sich auf 23 m beläuft, während die Länge nicht weniger als 57 m beträgt! Wie groß muß der Steinblock gewesen sein, aus dem eine uns heute die höchste Bewunderung abnötigende Technik dieses gewaltige Wunderwerk schuf! Außer dem erwähnten Sphinx gibt es deren noch eine ganze Anzahl. Aber alle sind sie aus einem einzigen Steine zubehauen, niemals zusammengesetzt, und dabei war das Material, aus dem sie bestehen, wahrlich nicht immer leicht zu bearbeiten. Manchmal arbeitete man in Sandstein, öfters in Porphyr, meist aber in Granit, einem derartig harten Gestein, daß an ihm auch die aus vorzüglichem Stahl hergestellten Meißel unserer heutigen Zeit rasch

Digitized by Google

stumpf werden. Manche der Sphinxe dürften wohl spiegelglatt poliert gewesen sein. Auf welche Weise wurde diese Politur dann hergestellt, welche Mittel verwendete man dazu, und vor allem, wie lange mag es gedauert haben, bis die Oberfläche des Kolosses geglättet war? Es sind dies alles Rätsel, deren Lösung vielleicht niemals vollkommen gelingen dürfte. Die Sphinxe liegen in der Regel vor Tempeln, wobei sich vor den kleineren oft 30 bis 40 finden, während an den größeren manchmal Hunderte gelagert sind. Trotz dieser großen Zahl ist nicht ein einziger wohlerhaltener Sphinx mehr zu finden. Sie sind alle im Laufe der Zeiten durch den Wüstensand abgeschliffen oder auch von Menschenhand zerstört worden. Wir wissen jetzt, daß die Sphinxe, auch wenn sie Tiergestalt haben, meist Darstellungen der ägyptischen Könige sind. Der größte aller bekannten Sphinxe befindet sich vor den Pyramiden von Gizeh. Im Jahre 1817 wurde er, der im Wüstensande vergraben lag, auf Veranlassung der europäischen Konsuln ausgegraben. Damals schon entdeckte man, daß das Riesenbild aus dem Felsen des Untergrundes herausgehauen war. Man fand einen großartigen Treppenaufgang, und zwischen den Vorderbeinen zeigte sich ein sorgfältig gepflasterter Boden, der zu einer Tempelanlage führte, die sich an die Brust des Kolosses anschloß und deren Eingang neben der rechten Vordertatze gelegen war. Das Antlitz ist genau nach Osten gerichtet. Die Ausgrabung hatte gewaltige Summen verschlungen. Aber schon nach zwanzig Jahren war alles, was man zutage gefördert hatte, durch den von Winden aufgewirbelten Wüstensand wieder zugedeckt. Im Jahre 1843 erfolgte die zweite Ausgrabung durch den deutschen Ägyptologen Lepsius, an die sich im Jahre 1853 die dritte durch Mariette anschloß. Man gewann bei diesen sowie bei der 1886 von Maspero vorgenommenen Ausgrabung die Überzeugung, daß das Riesenbildnis bereits vor 3400 Jahren vom Sande zugeweht worden war, und daß es schon König Tutmes IV. im Jahre 1533 v. Chr. hatte ausgraben lassen. Zu irgendeiner Zeit mußte übrigens eine absichtliche Vergrabung stattgehabt haben, denn an gewissen Stellen zeigte sich, daß Sandschichten mit 30 cm hohen Schichten von kleinen Steinen abwechselten, die ringsherum aufgeschichtet, und die so fest verkittet waren, daß man in ihnen Stufen anbringen konnte. Neuerdings hat nun eine abermalige Bloßlegung des Sphinx stattgefunden, und man hat trotz aller Zerstörungen durch vielfache Forschungen ein richtiges Bild von seinem ursprünglichen Aussehen erhalten. Mit großem Geschick scheinen die alten ägyptischen Steinmetzen einen Felsblock ausgewählt zu haben, dessen einer Teil so hoch in die Lüfte ragte, daß er mit Vorteil zur Herstellung des Kopfes verwendet werden konnte. Unsere Abb. 464 S. 350 zeigt nun, wie der Sphinx einst ausgesehen hatte, der wahrscheinlich vor etwa 6000 Jahren geschaffen wurde. Sicher ist, daß er über 5600 Jahre alt sein muß. Das Gesicht trägt die Züge eines Königs, wahrscheinlich die des Königs Amenemhet III. aus der zwölften Dynastie. Es ist jedoch auch möglich, daß es das Antlitz des Sonnengottes wiedergeben soll. Daß es sich hier um das Bild eines Königs handelt, zeigt das in eigenartige Falten gelegte Kopftuch, das in dieser Form zu den Symbolen königlicher Würde gehört. Es geht dies des weiteren aber noch aus der an der Stirn angebrachten Uräusschlange hervor, die ein königliches Abzeichen darstellte. Unter dem Kinn sehen wir den Bart, wie ihn die alten Ägypter trugen. Freilich gingen sie eigentlich bartlos, sie pflegten jedoch bei festlichen Gelegenheiten mit Hilfe einer Schnur unter dem Kinn einen künstlichen Knebelbart zu befestigen. Vor der Brust, zwischen den Vordertatzen, ist eine große Tafel, die uns in Form eines Zwiegespräches meldet, daß der bereits oben erwähnte König Tutmes IV. sogleich nach seinem im Jahre 1533 v. Chr. erfolgten Regierungsantritt den Sphinx aus dem Wüstensande ausgraben ließ. Daneben an der rechten Vorderpfote ist der gleichfalls schon erwähnte

Digitized by Google

Tempeleingang zu ſehen, während ſich gegenüber eine gewaltige Treppenanlage erhebt, die zum Tempel herabführt. Als ganz beſonders bemerkenswert ſei noch erwähnt, daß die Verfertiger dieſer Sphinxe wohl kaum ein Modell gehabt haben

Abb 464. Rekonſtruktion des Sphinx.

dürften; war doch bei der Größe der Abmeſſungen jeder Vergleich zwiſchen einem kleinen Modell und der im Entſtehen begriffenen Figur unmöglich.

Tempelbauten.

Unter den Tempelbauten des Altertums iſt zwar der ſeit etwa 990 v. Chr. von König Salomo errichtete Tempel in der Bibel (1. Buch Könige 5—7; 2. Buch Könige 25; Jeremias 52; 2. Buch Chronik 2—4) ziemlich genau beſchrieben; doch enthalten die dort angegebenen Einzelheiten keine techniſchen Merkmale beſonderer Art, die hier zu erwähnen wären. Es ſei nur darauf hingewieſen, daß das Tempelgebäude mit Seitenzimmern umgeben war, die in drei Stockwerken übereinander lagen. Die babyloniſchen Tempel zeichneten ſich durch ihre Stufentürme aus, die in ſieben Stockwerken, der Heiligkeit der Zahl Sieben entſprechend, aufſtiegen. Dieſe Stufentürme, die „Ziſſurat", waren im Altertum weithin berühmt. Ihre Außenmauern waren emailliert, und zwar von unten nach oben aufſteigend, in folgenden Farben: weiß, ſchwarz, purpurrot, blau, zinnoberrot, ſilbern und golden. Der noch ziemlich gut erhaltene Stufenturm aus Chorſabad bei Ninive weiſt eine

Digitized by Google

Seitenlänge der untersten Stufe von 43 m bei 6 m Höhe auf. Um den ganzen Turm herum wand sich eine Rampe von 2½ m Breite, die auch schon von Herodot (I 181) erwähnte „Wendeltreppe". Sie führte in einer Gesamtlänge von 800 m zum Gipfel.

Die Tempel der alten Ägypter waren ebenso wie die der Babylonier mit gewaltigen Umfassungsmauern versehen, die stets die Gestalt eines langgestreckten Rechtecks hatten und keinerlei Fensteröffnungen oder Säulen aufwiesen. Innerhalb dieser Umfassungsmauern stand der eigentliche Tempel, dessen Decke stets wagerecht lag, und dessen äußere Fassade durch die mächtige Hohlkehle ihr charakteristisches Aussehen erhielt, die unterhalb des Daches sich entlangzog und ebenso wie die Tempelwände und die Wände der Umfassungsmauer mit zahlreichen farbigen Darstellungen bedeckt war. Zum Tempel selbst führte eine Allee von Sphinxen oder Widdern. Der Eingang war eng und schmal und befand sich zwischen zwei Pylonen, auf die wir sogleich eingehender zurückkommen werden. Hinter dem Eingange schließen sich ein oder mehrere Vorhöfe an, und dann kommt der Hauptsaal, in dem dicht gestellte Säulen die Steinbalkendecke tragen. Unter den übrigen Räumen findet sich die wie diese kleine und enge Cella, die das Götterbild beherbergt. Die Säulen des ägyptischen Tempels zeichnen sich durch ihre Form sowie durch die der Kapitelle aus, bieten jedoch in technischer Hinsicht nichts besonders Bemerkenswertes dar. Um so mehr haben die eben erwähnten Pylonen die Aufmerksamkeit der Techniker erregt. Bereits im 15. Jahrhundert v. Chr. pflegten die Ägypter ihre Tempelbauten in der Weise anzulegen, daß der Eingang des Tempels durch ein großes Tor, den sogenannten „Pylon" dargestellt wurde, das von Obelisken, Götter- und Königsbildern usw. flankiert und durch zwei hohe, festungsartige Türme beschützt wurde. Betrachtet man diese Türme genauer, so findet man, daß jeder mit zwei von oben bis unten gehenden Rinnen versehen ist. Alte, noch vorhandene Zeichnungen lassen erkennen, daß diese Rinnen zur Aufnahme hoher Mastbäume dienten, die an ihrer Spitze bunte Flaggen trugen. Diese Masten erreichten oft eine beträchtliche Höhe, so z. B. am Tempel von Edfu 30 m. Es erscheint auf den ersten Anblick, als ob sie lediglich ein Zierat gewesen wären. Man hat nun Gründe zur Annahme, daß diese Masten als Blitzableiter gedient hätten. So beschreibt eine alte Inschrift aus der ersten Zeit der Ptolemäer (323—30 v. Chr.) diese Mastbäume vor dem Tempel von Edfu auf das genaueste und erwähnt, daß sie den Blitz ableiten sollten. Diese Inschrift lautet in der Übersetzung nach Brugsch: „Dies ist der hohe Pylonbau des Gottes von Edfu, am Hauptsitze des leuchtenden Horos, Mastbäume befinden sich paarweise an ihrem Platze, um das Ungewitter an der Himmelshöhe zu schneiden" usw. Eine andere Inschrift tut kund, daß diese Mastbäume, um ihren Zweck besser zu erfüllen, oft „mit dem Kupfer des Landes beschlagen sind". Hohe, mit Kupfer beschlagene Masten müßten allerdings gute Blitzableiter gewesen sein. Die oben angeführte Inschrift erwähnt gleichzeitig die Obelisken als Blitzableiter und berichtet von ihnen folgendes: „Zwei große Obelisken prangen vor ihnen (den Mastbäumen), um das Ungewitter in der Himmelshöhe zu schneiden". Andere Inschriften teilen mit, daß die Obelisken, um als Blitzableiter zu dienen, an der kleinen ihnen aufgesetzten Pyramide, dem sogenannten „Pyramidion", mit einer Kappe aus reinem Kupfer oder aus vergoldetem Kupfer überzogen wurden.

Auch die Juden scheinen bereits Vorrichtungen angebracht zu haben, die die Ansicht nahelegen, daß es sich hier um Blitzschutzvorrichtungen gehandelt haben könnte. Die Spieße am Tempeldache waren mit Ketten verbunden, und diese mündeten in die Knäufe von zwei ehernen Säulen am Eingange der Halle. Die beiden Knäufe endeten in einem Wasserbehälter (1. Buch Könige 7, 17; 2. Buch Chronik 3, 17). Ein weiteres wahrscheinliches Dokument über die Kenntnis des Blitzableiters gibt die Bibel

Digitized by Google

im 4. Buch Mose 21, 6—9: „Sie zogen an den Berg Hor in der Edamiter Land. Der Herr sandte feurige Schlangen unter das Volk, daß ein großer Teil starb. Nun richtete Moses eine eherne Schlange auf." (1. Buch Könige 7, 13 usw.): „Und der König Salomo sandte hin und ließ holen Hiram von Tyrus ....., der war ein Meister im Erz, voll Weisheit, Verstand und Kunst, zu arbeiten allerlei Erzwerk. Da der zum König Salomo kam, machte er alle seine Werke. Und machte zwo eherne Säulen, eine jegliche 18 Ellen hoch, und ein Faden von 12 Ellen war das Maß um jegliche Säule her. Und machte zween Knäufe von Erz gegossen, oben auf die Säulen zu setzen, und ein jeglicher Knauf war 5 Ellen hoch ..... Und es stund also oben auf den Säulen wie Lilien." Der Ausdruck „und es stund oben auf den Säulen wie Lilien" läßt die Vermutung zu, daß damit Auffangspitzen am oberen Ende der Säulen gemeint waren. Im zweiten Buche der Chronik sind diese Säulen ebenfalls erwähnt, nur ist ihre Höhe um nahezu das Doppelte größer angegeben als oben (2. Buch Chronik 3, 15): „Und er machte vor dem Hause zwo Säulen, 35 Ellen lang; und der Knauf obendrauf 5 Ellen ...." — Daß vermittelst so hoher Säulen eine gute Blitzableiterwirkung erzielt wurde, ist wohl einleuchtend. An diesen beiden Bibelstellen ist auch eine genaue Beschreibung der als Erdleitung dienenden Wasserbehälter gegeben. Ferner lautet eine Vorschrift (2. Buch Mose 27, 17): „Alle Säulen um den Hof her sollen silberne Querstäbe und silberne Haken und eherne Füße haben."

Vergleicht man hiermit verschiedene andere Bibelstellen (3. Buch Mose 10, 2; 4. Buch Mose 3, 4; 1. Buch Chronik 13, 9 u. 10 usw. usw.), so wird es wahrscheinlich, daß man im Altertum durch zufällige Beobachtungen die Erfahrung machte, daß der Blitz durch metallene Stangen abgeleitet bzw. daß durch metallene Vorrichtungen die Gefahr des Blitzschlages verhütet wird. Es ist durchaus nicht nötig, die elektrische Natur des Blitzes zu kennen, um derartige Erfahrungen zu sammeln. Martin und v. Urbanitzky sowie Hennig wenden sich allerdings gegen die Möglichkeit des Vorhandenseins von Blitzschutzvorrichtungen vor Franklin und schreiben ihre Annahme falschen Textauslegungen zu. Aber auch Hennig muß zugeben, daß „die alten Tatsachen, Sitten und Literaturstellen, aus denen man das Vorhandensein antiker Blitzableiter folgern zu können glaubte" (soweit sie nicht in das Gebiet des Wetteraberglaubens gehören oder auf falscher Textinterpretation beruhen), „schließlich auf eine zufällige und unbewußte richtige Anwendung der Franklinschen Blitzableitergesetze (Tempel in Jerusalem) zurückzuführen sind". Nach Ansicht des Verfassers kann es nicht zweifelhaft sein, daß man im Altertum — ohne die elektrische Natur des Blitzes zu kennen — auf Wegen der Erfahrung gefundene Blitzschutzvorrichtungen benutzte.

Die griechischen und dann auch die römischen Tempel sind in technischer Hinsicht sowohl durch die Entwicklung der Säulen wie auch durch die infolge der Säulenstellung bedingte Grundrißentwicklung bemerkenswert. Der älteste bekannte Tempel in Olympia und in Hellas überhaupt ist das Heraion, das Heiligtum der Hera. Seine Säulen weisen derartige Verschiedenheiten auf, daß man daraus schließen kann, sie hätten zuerst aus Holz bestanden und seien erst später nach und nach durch Steinsäulen ersetzt worden, was auch Pausanias (V 16) bestätigt, der sogar noch im 2. Jahrhundert n. Chr. alte Holzsäulen an Tempeln sowie auch Holztempel (VIII 10) sah. Auch Plinius erwähnt (XIV 1, 2, 9) Tempel mit Holzsäulen. In der Tat ist die Steinsäule aus dem vor ihrer Verwendung zur Stütze des Daches benutzten senkrecht gestellten Holzbalken hervorgegangen, und zwar wahrscheinlich zunächst in Form der dorischen Säule. Der eben erwähnte Tempel der Hera erscheint als ein wichtiger

Digitized by Google

Beweis für die Ableitung des doriſchen Stils aus dem Holzbau. Sehen wir von der Weiterentwicklung der Säulen in kunſtgeſchichtlicher Hinſicht ab, und würdigen wir ihre techniſche Rolle als tragendes Element an Bauten, insbeſondere Tempelbauten, ſo zeigt ſich, daß die älteſte Tempelform der Säule ganz entbehren konnte. Sie beſtand aus der einfachen Cella, die nichts enthielt als das Kultusbild und den Opfertiſch oder den Räucheraltar. (Abb. 465, 466 und 467.) Dann wurden die beiden Seitenwände der Cella vorgeſchoben und durch einen Stirnpfeiler (Ante, Parastas) abgeſchloſſen. Über dieſe vorgeſchobenen Seitenwände wurde ein Dach gelegt, das noch durch zwei zwiſchen den Anten ſtehende Säulen

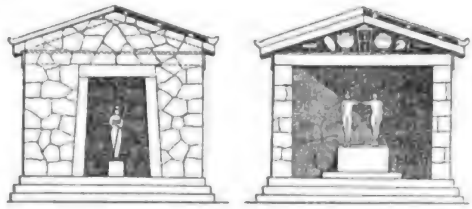


Abb. 465 u. 466. Urſprüngliche griechiſche Tempelformen.

Abb. 467. Grundriß der urſprünglichen griechiſchen Tempelform. a Cella, b Kultusbild, c Opfertiſch.

Abb. 468. Antentempel. a Cella (Naos), b Vorhalle (Pronaos), c Säulen, d Anten.

Abb. 469. Antentempel mit Hinterhaus. c Opisthodomos.

Abb. 470. Grundriß des „Proſtylos".

getragen wurde. Es entſtand alſo vor dem Tempel eine offene Vorhalle (Pronaos). (Abb. 468.) Der Tempel ſelbſt erhielt dadurch eine neue charakteriſtiſche Form des Grundriſſes (Antentempel, „templum in antis"). Um nun die Cella auch von hinten her zugänglich zu machen, brachte man auf der Rückſeite gleichfalls eine ſolche Vorhalle an. Es entſteht ein neuer techniſcher Grundriß, gekennzeichnet durch das Hinterhaus (Opisthodomos). (Abb. 469.) In weiterer Entwicklung entſteht dann als nächſte Tempelform

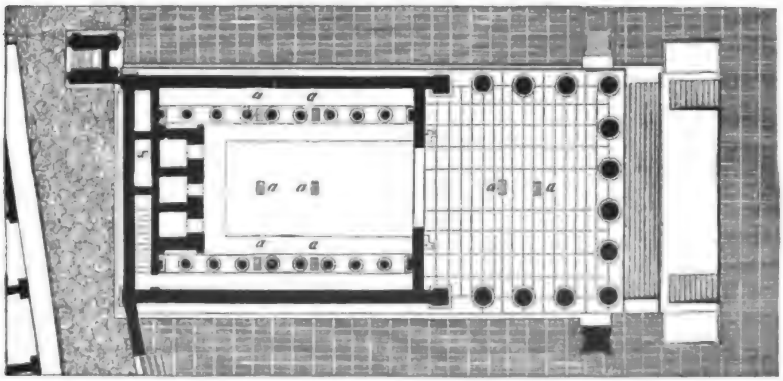


Abb. 471. Plan eines „Proſtylostempels". Jupitertempel zu Pompeji. a a Öffnungen, um dem unter dem Tempel befindlichen Kellerraum Licht zuzuführen.

Digitized by Google

der „Proſtylos“, bei dem die Vorhalle des Tempels durch Säulen, aber nicht mehr durch Wände und Anten getragen wird. (Abb. 470 und 471, S. 353.) Der Proſtylos kann mit einer einfachen rechteckigen Cella oder mit einem templum in antis verbunden ſein. Wird auch hinten am Tempel ein Proſtylos angebracht, ſo entſteht der „Amphiproſtylos“. Wird die Säulenhalle rings um die ganze Cella herumgeführt, ſo daß um alle vier Seiten des Tempels herum ein freier Umgang beſteht, ſo ergibt ſich der „Peripteros“ (Abb. 472, 473, 474 und 475), ein Name,

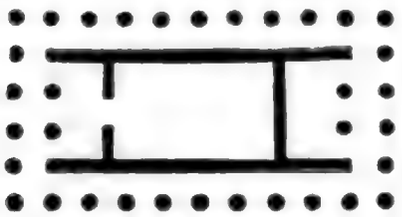


Abb. 472. Peripteros.

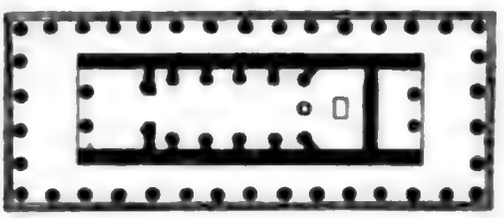


Abb. 473. Beiſpiel eines Peripteros-Tempels (Plan des Apollo-Tempels zu Baſſae).

Abb. 475. Beſondere Abart des Peripteros, wobei die Säulen durch niedrige Mauern mit der Längswand der Cella verbunden ſind, ſo daß zur Aufnahme von Weihgeſchenken dienende Kapellen entſtehen.

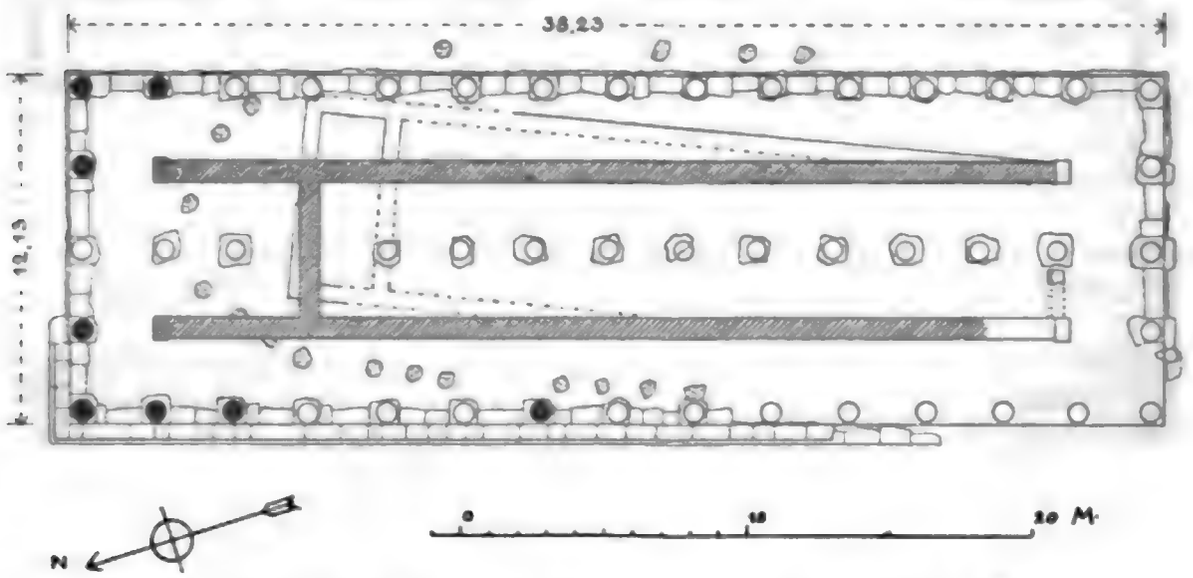


Abb. 474. Peripteros-Tempel mit 5 Frontſäulen (Tempel in Thermos in Aitolien).
Die Peripteros-Tempel haben meiſt 6 Frontſäulen, an den Langſeiten meiſt die doppelte Anzahl der Frontſäulen (die Eckſäulen ſtets mitgezählt). Abb. 473 und 474 zeigen Ausnahmen von dieſer Regel.

der ſich von der Benennung der ſeitlichen Säulenhallen als „Flügel“ (πτερόν) herleitet (Parthenon). Die Römer bildeten aus dem Peripteros noch eine beſondere Abart, den „Pſeudoperipteros“. Bei ihm ſind die Säulen nicht mehr dazu da, das Dach des Umgangs zu tragen, ſie ſollen vielmehr nur von vorne einen Peripteros vortäuſchen. Zu dieſem Zwecke ſind ſie als Halbſäulen an die Seitenwände angefügt. Wird die Säulenreihe des

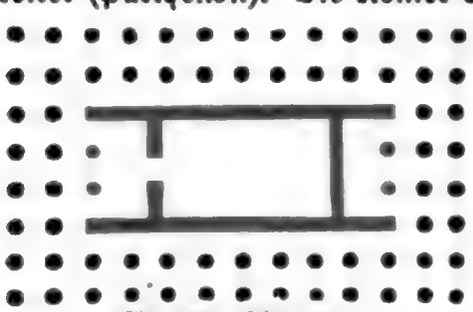


Abb. 476. Dipteros.

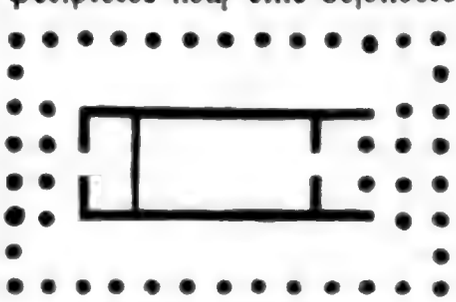


Abb. 477. Pſeudodipteros.

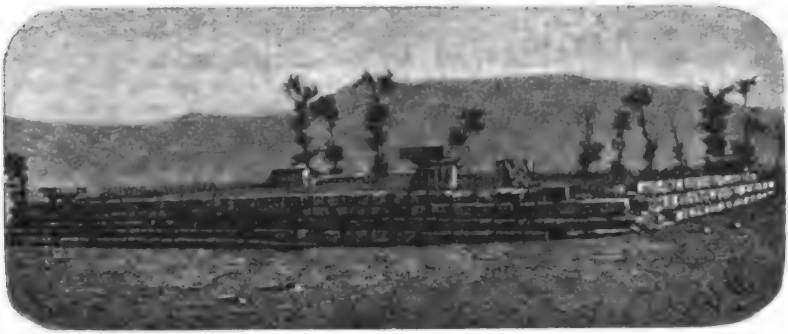


Abb. 478. Reſte eines Pſeudodipteros.
Tempel auf dem Forum triangulare zu Pompeji, bei dem ſich aus den vorhandenen Säulenreſten und ihrer gegenſeitigen Entfernung der Tempeltyp genau beſtimmen ließ. Der Unterbau iſt von der die griechiſchen Tempel kennzeichnenden Stufenreihe umgeben.

Peripteros verdoppelt, ſo daß alſo zwei Umgänge entſtehen, ſo entſteht der „Dipteros“ (Abb. 476, S. 354), aus dem ſich wieder der „Pſeudodipteros“ (Abb. 477, S. 354) herausbildet, bei dem die innere Säulenreihe fehlt. Der Zwiſchenraum zwiſchen Cellawand und Säulenreihe iſt aber ein ſo großer, als ob zwei Säulenreihen vorhanden wären (Tempel auf dem Forum triangulare zu Pompeji). (Abb. 478.) Der griechiſche Tempel war ſtets von Weſt nach Oſt derart eingeſtellt, daß man ihn vom Oſten her betrat, während das Tempelbild im Weſten ſtand. Die römiſchen Tempel zeigen keinerlei Orientierung und ſtehen ſo, wie man ſie eben gerade hinſtellte. Die griechiſche Tempelcella hat ſtets den Grundriß eines langgeſtreckten Vierecks, die römiſche bildet zunächſt die Hälfte eines Quadrats, deſſen andere Hälfte durch die Vorhalle gebildet wird. Als ſpäter aus dem Quadrat des Grundriſſes durch Vergrößerung ein

Abb. 479. Römiſcher Tempel (Rundtempel) auf ſtufenloſem Unterbau.
(Sog. „Tempe der Sibylle“ zu Tivoli.)

Digitized by Google

Rechteck wird, bleibt diese Halbierung bestehen. Die Schwelle der Cella halbiert beim römischen Tempel stets den Grundriß der Tempelanlage. Des weiteren zeigen die griechischen Tempel eine ringsumlaufende Stufenreihe, während die römischen auf einem Unterbau stehen, zu dem nur von der Vorderseite her die Treppenanlage emporführt. (Abb. 478 und 479.)

Die Theater.

Eine große Rolle spielten im Altertum die Theater, von denen wir, wenn wir von den in technischer Hinsicht nichts Interessantes darbietenden Zirkussen und Stadien absehen, in der Hauptsache zwei Arten zu unterscheiden haben: die eigentlichen Theater oder Schauspielhäuser und die Amphitheater, wo neben Schauspielen auch alle mög-

Abb. 480. Das Theater in Pergamon.
Dieses Theater zeigt alle Teile des griechischen Theaters in übersichtlicher Weise: die Bergwand dient als Unterbau für den Zuschauerraum; auf der davor liegenden Terrasse die Orchestra, hinter dieser das Skenenhaus.
(Siehe Abb. 481.)

lichen sonstigen Aufführungen, Gladiatoren- und Tierkämpfe, Seegefechte usw. usw. stattfanden. Von ihnen erfreuten sich in Griechenland die eigentlichen Theater, die Schauspielhäuser, einer hohen Verehrung; sie waren nach den Tempeln die vornehmsten Gebäude, kam dem Schauspiele doch eine gottesdienstliche Bedeutung zu,

Digitized by Google

die insbeſondere in dem Kultus des Dionyſos gipfelte. In ſeiner älteſten Form wird das Theater wohl nichts anderes geweſen ſein als das, was wir heute als „Feſtwieſe“ zu bezeichnen pflegen, ein abgegrenzter Raſenplatz, in dem die Aufführungen

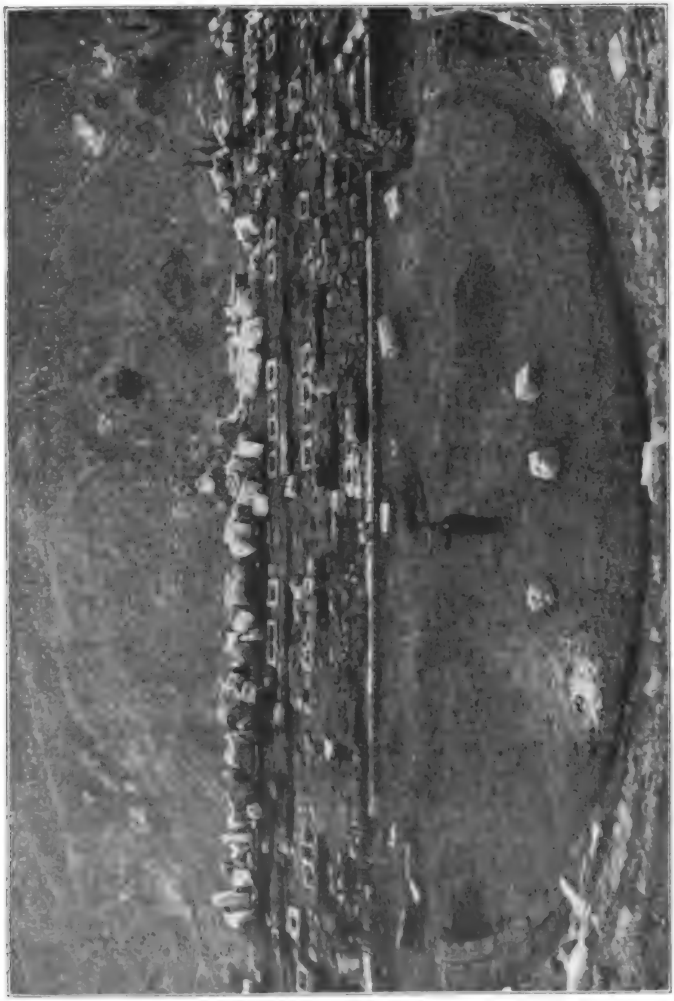


Abb. 481. Die Orcheſtra des Theaters von Pergamon, vom Zuſchauerraum aus geſehen.
Die Vertiefung im Mittelgrunde trug die Thymele, dahinter war das Skenenhaus, deſſen Pfoſtenlöcher noch ſehr gut erhalten ſind. Rechts und links vor dem Skenenhaus die Parabol. An ihrer Mündung in die Orcheſtra ausgebrochene Stellen an der vorderen Steinfaſſung des Skenenhauſes, an denen Zugänge in dieſes führten. Rechts und links vorne im Skenenhaus erhöhte Teile, die Überreſte der Paraſkenien.

ſtattfanden, und um den die Zuſchauer herumſtanden. Dann ſchlug man bretterne Gerüſte auf, auf denen ſich die Handlung abſpielte. Um den Beſuchern das Verfolgen der Vorgänge auf der runden Bretterbühne, der „Orcheſtra“, zu erleichtern, errichtete

Digitized by Google

man dieſe am Fuße eines Hügels, auf deſſen Hängen ſich die Zuſchauer aufſtellten. Da das Stehen unbequem war, und um Ordnung in die Zuſchauerräume zu bringen, hat man dann auf dieſem Hügel kleine übereinanderliegende Terraſſen ausgeſchaufelt, auf denen je eine Reihe von Zuſchauern Platz fand. Von hier bis zum Bau richtiger ſteinerner Zuſchauerräume war nur noch ein Schritt. Schon die älteſten uns erhaltenen Theaterreſte von Knoſſos laſſen dieſe Zweiteilung des Theaters in Spielraum (Orchestra) und Zuſchauerraum (Theatron) erkennen. Dann kam noch ein weiterer, dritter Teil hinzu, die „Skene", ein Holzbau, aus dem die Schauſpieler herauskamen, und in dem ſie, nachdem ſie geſprochen hatten, wieder verſchwanden. Das im 4. Jahrhundert v. Chr. gebaute Theater zu Athen war bereits aus Stein gebaut mit Ausnahme der Skene, deren Boden nach wie vor auf Holzgerüſten lag. Die Orcheſtra hatte man aber ſchon früher vereinzelt aus Steinkonſtruktion hergeſtellt. Das Theater lag am Fuße der Akropolis und benutzte einen Teil des Felſens als Hinterwand und Unterbau. Auch ſonſt liebte man es in Griechenland, die Theater in Felſen oder derart in Hügel hineinzubauen, daß dieſe eine natürliche Rückwand und zugleich einen ebenſolchen Unterbau darſtellten. (Abb. 480.) Die allgemeine Anlage des griechiſchen Theaters iſt die folgende (Abb. 482, S. 359): Um die kreisförmige Orcheſtra gruppieren ſich alle anderen Teile herum. Die Orcheſtra hat um 400 v. Chr. einen Fußboden aus Erde und trägt in der Mitte einen Altar, die „Thymele", um den herum ſich der Chor bewegte. Sie wird von dem amphitheatraliſch aufſteigenden Zuſchauerraum umgrenzt, der ſich an einen Hügel anlehnt oder auf einem künſtlichen Untergrunde ſteht, der aus Mauern und Erdfüllungen geſchaffen wird. Ihm gegenüber liegt die Skene, die ihren Namen von der anfänglichen Dürftigkeit ihres Ausſehens herleitet (σκηνή = Hütte, Zelt) und eine meiſt wohl ungerade Zahl von Türen hat, von denen die mittlere als die des Königs bezeichnet wurde. Später wird der Bühnenraum, auf dem die Haupthandlung des Dramas vor ſich ging (das Logeion), gewöhnlich nicht nur im Hintergrunde, ſondern auch auf ſeinen beiden Seiten von dem manchmal ſogar dreiſtöckigen Gebäude der Skene eingeſchloſſen. Die Skene hat an beiden Seiten Vorſprünge (Paraſkenien), die dazu dienen, eine bemalte Wand, das Proskenion, zwiſchen ſich aufzunehmen. Der Hintergrund der Bühne konnte ſpäter mittels einer eigenen Vorrichtung (der Exostra oder des Ekkyklema) auseinandergeſchoben werden, wodurch man dann ins Innere des Gebäudes und die dort ſich abſpielenden Vorgänge blicken konnte. Das Theater wurde von den beiden Zwiſchenräumen zwiſchen Skene und Zuſchauerraum her betreten. Dieſe Zugänge, die Parodoi, dienen auch dazu, das Betreten der Orcheſtra zu ermöglichen. Die Bühne hat von hinten her Zugänge. Solche ſind auch an den Seiten der Skene, den Paraſkenien angebracht. Die Bühne kann aber außerdem von vorn beſtiegen werden, jedoch nicht, wie man früher annahm, über eine Treppe, ſie liegt vielmehr auf gleicher Höhe mit der Orcheſtra (Dörpfeld und Reiſch). Das Theater war mit mancherlei Maſchinerien ausgeſtattet, durch die nicht nur, wie eben erwähnt, der Hintergrund der Bühne geöffnet, ſondern auch Verſenkungen vorgenommen, verſchiedene Dekorationsſtücke gezeigt werden konnten uſw. uſw. Die Theater hatten auch eine unſeren Kuliſſen ähnelnde Dekorationsvorrichtung, die Periakten. Es waren dies dreiſeitige am Paraſkenion ſtehende Prismen, wohl aus Holz, die ſich auf Pfoſten drehten. Ihre Seiten boten verſchiedene Anſichten dar und wurden immer ſo gegen die Zuſchauer gedreht, wie es das Stück gerade erforderte. Wahrſcheinlich konnten die Dekorationen an den Seiten dieſer Periakten ſogar abgenommen und dadurch noch weiter gewechſelt werden. Der

Digitized by Google

Zuſchauerraum war durch einen breiten, parallel den kreisförmigen Begrenzungsmauern laufenden Gang (Diazoma), oft auch durch mehrere ſolche Gänge ſowie durch von oben herabführende Treppen in einzelne Sitzblocks (Kerkis) eingeteilt. Die Reihen unten dicht an der Orcheſtra oder auf dem Diazoma waren die vornehmſten Plätze, wo die Prieſter und Standesperſonen ſowie ſolche ſaßen, denen dieſes Ehrenrecht, die „Proedrie", verliehen war.

Auch die römiſche Bühne war im Anfang ein Brettergerüſt, vor dem die Zuſchauer ſtanden. Erſt nach 145 v. Chr. erbaute man hölzerne Zuſchauerreihen. Das erſte ſteinerne Theater ließ Pompejus im Jahre 55 v. Chr. aufführen. 13 v. Chr. entſtand das Theater des Marcellus, von dem heute noch Reſte erhalten ſind. Auch das römiſche Theater hatte dieſelben drei Teile wie das griechiſche, nämlich den

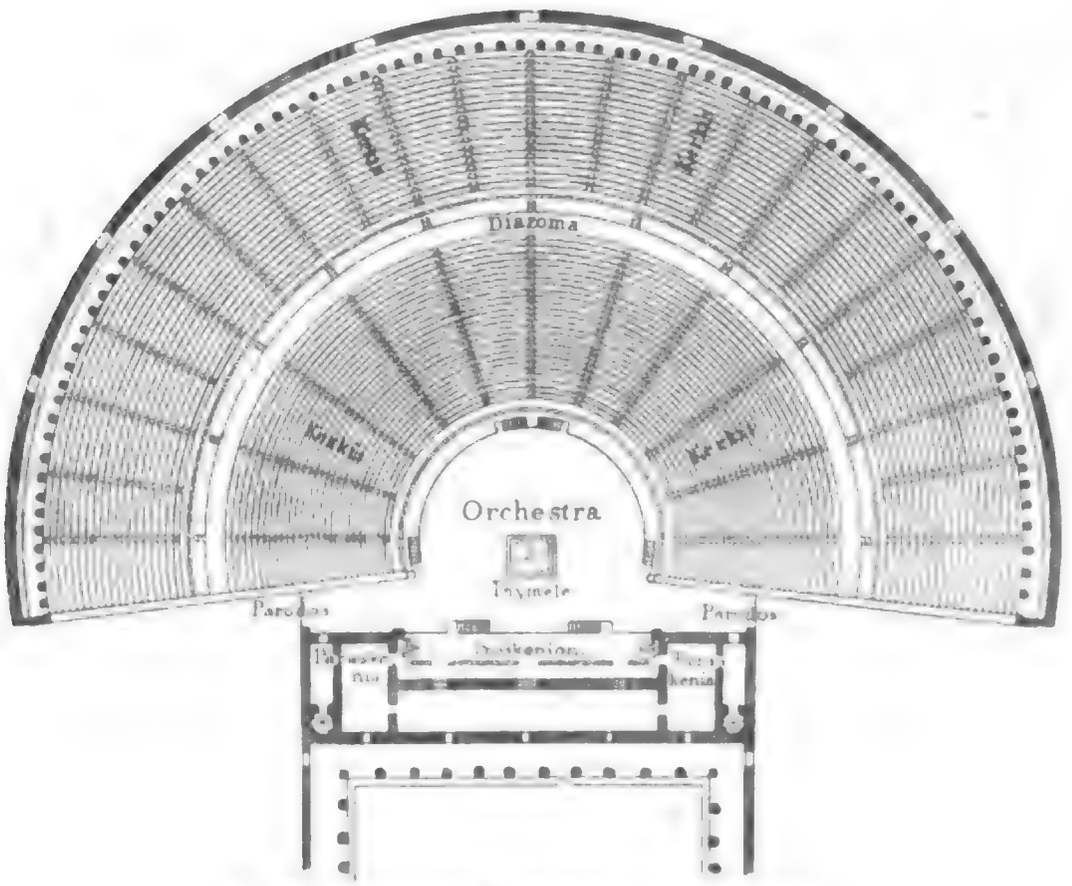


Abb. 482. Grundriß des griechiſchen Theaters.

Zuſchauerraum, bei den Römern „cavea" genannt, die Orcheſtra und die Bühne, die „scena". Es unterſcheidet ſich vom griechiſchen Theater in bezug auf bauliche Anordnung faſt in keiner Weiſe. Die Gleichartigkeit geht ſo weit, daß der Bühnenraum auch hier bei einer verhältnismäßig ſehr großen Breitenausdehnung eine nur ſehr geringe Tiefe zeigt, ſo daß er in den Grundriſſen der Ruinen nur als langes ſchmales Rechteck erſcheint. Es unterſcheidet ſich vom griechiſchen Theater zunächſt durch das Fehlen des Altars auf der Orcheſtra, was ſich daraus erklärt, daß dem römiſchen Theater eine gottesdienſtliche Bedeutung nicht mehr zukommt. Die Orcheſtra wird mit Zuſchauerreihen ausgebaut, auf denen die vornehmen Gäſte Platz nehmen (Podium). Sie wird dadurch ſehr klein. Da Orcheſtra und Bühne beim griechiſchen Theater auf gleicher Höhe liegen, ſo kann man von den auf der Orcheſtra befindlichen Plätzen

aus die Skene bzw. den Platz, auf dem die Schauspieler sprechen, das „Pulpitum", schlecht übersehen. Diese wird daher vertieft. Außerdem bekommt die römische Bühne einen Vorhang (aulaeum), und dann spannte man über dem Zuschauerraum, um die Gäste vor der Sonne zu schützen, Decken aus, eine Sitte, die im griechischen

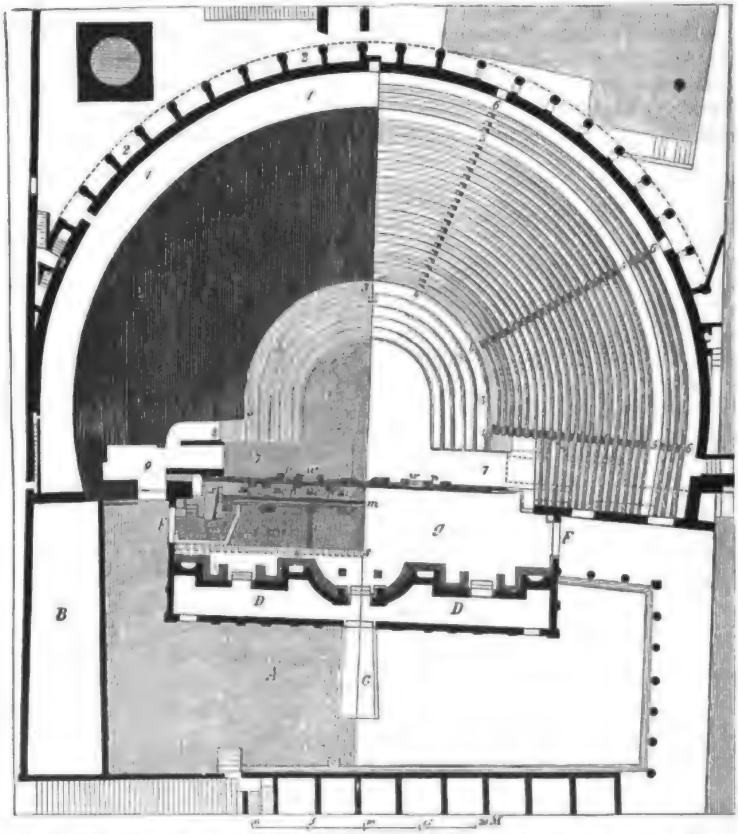


Abb. 483. Plan eines offenen römischen Theaters (das große Theater zu Pompeji).

Rechts: Sitzreihen und Bühne mit dem Fußboden; links ist durch Wegnahme von Teilen und des Fußbodens ein Einblick in die Gänge, Treppen und in den Unterbau der Bühne ermöglicht. 1 Gewölbter Umgang; 2 Korridor; 3 Umgang; 4 Treppen; 5 Ausgangstür; 7 Ausgänge in die Orchestra; 8 Türen. A Hof, in dem sich der Chor aufstellte; B Garderobe; C Rampe; D Aufenthaltsräume für die Schauspieler; d Steinringe zum Befestigen des Sonnensegels; p Raum, worin sich der Vorhang zusammenlegte; x Treppe zu den unteren Räumen.

Theater noch nicht eingeführt gewesen zu sein scheint. Hier war höchstens die Skene mit einem Dache versehen, auch hatte wohl der oberste, von Säulen getragene Umgang ein solches. Alle übrigen Teile des Theaters befanden sich unter freiem Himmel. (Abb. 483—485 und 486 S. 362.)

Digitized by Google

Die antiken Theater waren außerordentlich groß, manche faßten bis zu 20 000 Perſonen. Infolgedeſſen mußte man für eine gute Akuſtik ſorgen. Abgeſehen davon, daß man ſchon bei der Anlage der Theater eine befriedigende Schallwirkung zu erzielen ſuchte, brachte man in den Niſchen noch beſondere Schallgefäße (Echeia, Vitruv V 5) an. Außerdem aber verſtand man es, durch die Ausgeſtaltung der Masken, die die Schauſpieler trugen, noch eine beſondere Schallverſtärkung zu erzielen. Schon mehrfach iſt die Frage aufgetaucht, warum man denn eigentlich dieſe Masken ſo lange Zeit beibehalten hat, die doch für die Schauſpieler eine Beläſtigung darſtellten, und warum man nicht an ihre Stelle die natürliche Mimik ſetzte. An die Stimme wurden in Anbetracht der Größe und mangels jeglicher Geſchloſſenheit der antiken Theater beträchtliche Anforderungen geſtellt. Kein Schauſpieler wäre imſtande geweſen, bei einer größeren Rolle die notwendige lange Zeit hindurch ſo zu ſchreien, daß man ihn überall verſtanden hätte. Da hatte man bald heraus, daß ſich der geöffnete Mund der Maske

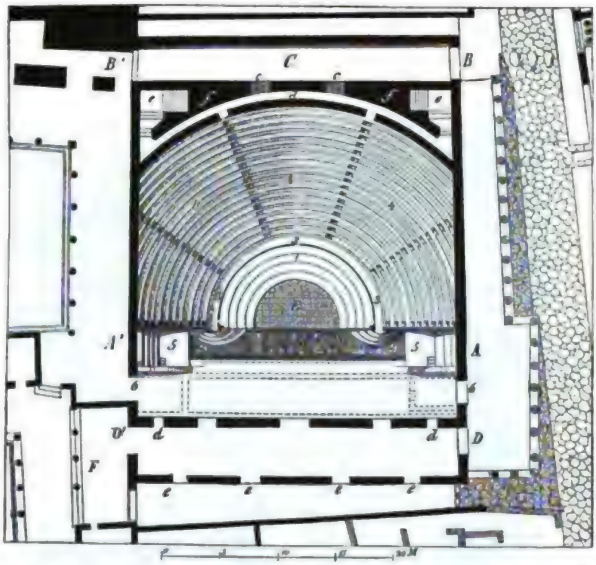


Abb. 484. Plan eines bedeckten römiſchen Theaters (das „kleine Theater" zu Pompeji). Das Theater iſt ringsum von Mauern umſchloſſen, auf denen wahrſcheinlich ein von Säulen getragenes Holzdach derart aufruhte, daß zwiſchen Mauern, Säulen und Dach Licht ins Innere fiel. — AA' Eingang zur Orcheſtra; BB' Eingang zum gewölbten Gang; C, D Eingang über die Bühne zu den „Logen" 5, 5; D' Eingang zur Gladiatorenkaſerne; F Vorhalle, 1 Sitzreihen für die Honoratioren; 2 Treppen; kleiner Umgang, 4 Sitzplätze.

Abb. 485. Römiſches Theater zu Fieſole. Blick von der Bühne gegen den in einen Hügel eingebauten Zuſchauerraum. Links Zugänge zur Orcheſtra und zur Bühne.

Digitized by Google

ſehr leicht zu einer Art von Sprachrohr ausbilden ließ. Der Mund aller antiken Theatermasken iſt in ganz eigenartiger Weiſe zugeſchnitzt. Auf Veranlaſſung von Caſtex ſind derartige Masken nachgebildet und zu beſonderen akuſtiſchen Verſuchen

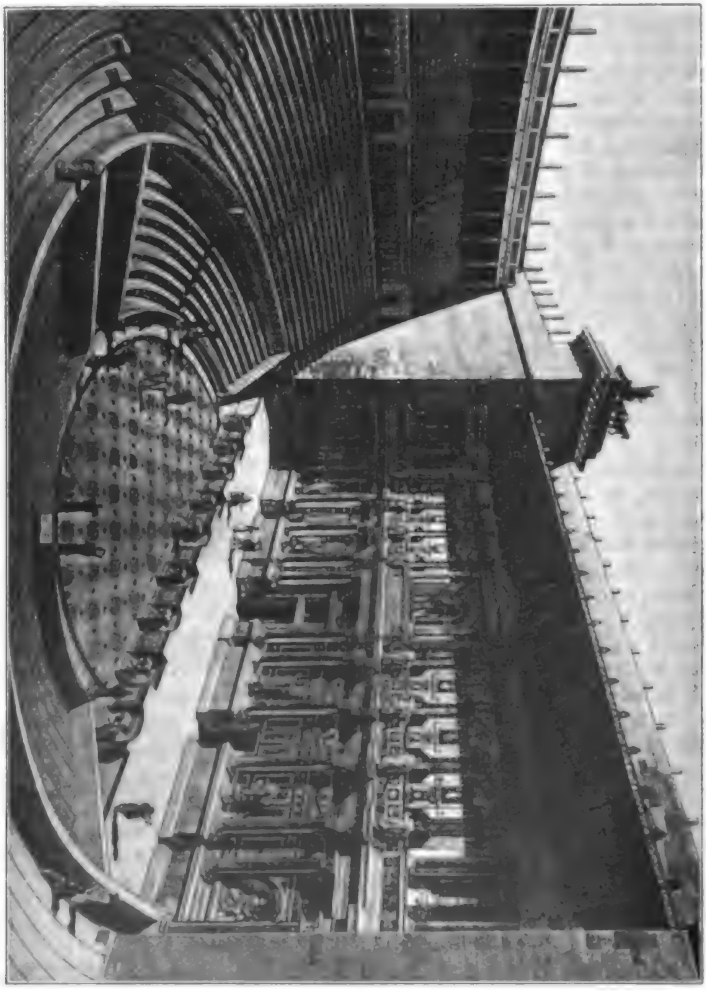


Abb. 496. Rekonſtruktion eines römiſchen Theaters (Theater von Oſtia

verwendet worden, bei denen ſowohl Schauſpieler wie auch Sänger der verſchiedenſten Tonlage, alſo Bäſſe, Soprane uſw. ihre Unterſtützung liehen. Zu den Verſuchen wurden auch Zuſchauer herangezogen, ſo daß man ein nach den mannigfachſten

Digitized by Google

Richtungen hin vollständiges Bild von der Wirkung der Maske erhielt. Da zeigte sich nun schon bei den ersten Versuchen die geradezu auffallende Wirkung des Maskentragens. Den Zuhörern gegenüber gewann die Stimme an Stärke: leise, nicht mehr verständliche Deklamationen konnten von ihnen, wenn mitten in der Rede ohne Steigerung der Stimme die Maske vorgehalten wurde, sofort deutlich vernommen werden. Des weiteren gewann die Stimme an Klarheit, und zwar war diese Wirkung bei den hohen Tönen bedeutend größer als bei den tiefen. Eine Verschleierung des Tons durch die Maske trat nicht ein, ebenso war ein Nasalwerden nicht festzustellen. Die eigenartige Gestalt der Mundöffnung bewirkt, daß die Stimme nicht nur gerade nach vorne zu, sondern auch nach den Seiten des Zuschauerraumes hin in verstärktem Maße hörbar wird. Der Künstler hat sofort das Gefühl, daß seine Stimme nunmehr weiter trägt. Für ihn sind die einfachen Gesichtsmasken besser jedoch als jene, wie sie gleichfalls z. B. für Tierfiguren verwendet wurden, die auch noch den Kopf bedecken. In diesen wirkt die Stimme summend. Das Ergebnis aller dieser Untersuchungen läßt sich dahin zusammenfassen, daß die alten Schauspieler sehr wohl wußten, was sie taten, wenn sie die Maske beibehielten.

Amphitheater.

Das Amphitheater besteht aus zwei zusammengerückten Theatern oder, wie man es auch auffassen kann, aus einer ringsum von Zuschauerplätzen um-

Abb. 487. Das Kolosseum Rom (Außenansicht).

gebenen Orchestra. Da aber eine solche Orchestra ähnlich der Manege unserer heutigen Zirkusse infolge ihrer runden Form nur wenig Bewegungsfreiheit darbot,

Digitized by Google

Abb. 488. Das Kolosseum zu Rom. Blick ins Innere mit teilweisem Einblick in die Unterkellerungen.

Abb. 489. Blick in das Amphitheater Trier. Links teilweiser Einbau in einen Hügel.

so machte man sie oval und dehnte das Oval möglichst in die Länge. (Abb. 488, 489 und 491.) Damit war dann der Grundriß des Amphitheaters gegeben, das man

Digitized by Google

wegen seiner Form nicht immer an einen Berg anlehnen konnte. (Abb. 393 S. 303, sowie Abb. 489 und 490.) Man stützte daher den Zuschauerraum durch Pfeiler und

Abb. 490. Teilweise Anlehnung des Amphitheaters Trier an einen Hügel.

Mauern und erhielt so unter ihm weit ausgedehnte rund herumlaufende Gänge von oft sehr beträchtlicher Höhe. (Abb. 487 S. 363, 492 u. 493 S. 366.) Unter den niedriger ge-

Abb. 491. Blick in das Amphitheater zu Verona.

legenen Sitzplätzen oder in Nebengebäuden brachte man Käfige für die wilden Tiere an. Eine für diese unübersteigliche Mauer, auf der unter Umständen noch ein Gitter

Digitized by Google

teilweiſe im Erdreich ausgeſchachtet (Metz) oder mit großer Mühe aus dem feſten gewachſenen Felſen herausgearbeitet. Dies iſt z. B. in Trier der Fall, wo die Keller-

Abb. 495. Unterkellerung (Käfig?). Amphitheater Trier.

räume bis zu 4½ m Tiefe hinabgehen. (Abb. 494 und 495.) Die Decke, auf deren Oberſeite ſich die Arena befand, wurde durch ſtarke Holzpfoſten getragen. Um das

Abb. 496. Einzelheiten der Ummauerung. Amphitheater Verona.

für die Schauſpiele gebrauchte Waſſer wieder abzuführen, ſind beſondere Bewäſſerungsanlagen vorgeſehen. In Trier führt ein Kanal von 100 m Länge und zwei

Digitized by Google

Meter Höhe in den Olewiger Bach. Die Amphitheater besaßen meist noch besondere Maschinenräume, die unter der Arena lagen, und die zum Heben und Senken der Versenkungen, zum Öffnen der Wasserbassins und zu sonstigen, heute nicht mehr vollkommen bekannten Zwecken dienten. (Abb. 494 S. 366.) Die gewaltige Größe mancher derartiger Amphitheater ist ja weltbekannt. Das Kolosseum Rom faßte über 80 000 Zuschauer.

Bäder.

Nicht minder ausgedehnt, in bezug auf ihre Anlage und an Großartigkeit der Abmessungen den Amphitheatern oft kaum nachstehend, waren die Bäder, die sich gleichfalls fast in allen römischen Niederlassungen finden. Diese Bäder, die Thermen, stellen zur Zeit des höchsten Luxus weitläufige Gebäudekomplexe dar, die eine Unzahl von Räumen enthalten, deren Bestimmung sich im einzelnen Fall oft kaum mehr feststellen läßt. (Abb. 497 bis 511.) Aber ebenso wie bei den kleineren älteren und den in den Provinzstädten befindlichen Bädern enthält eine solche Badeanlage in der

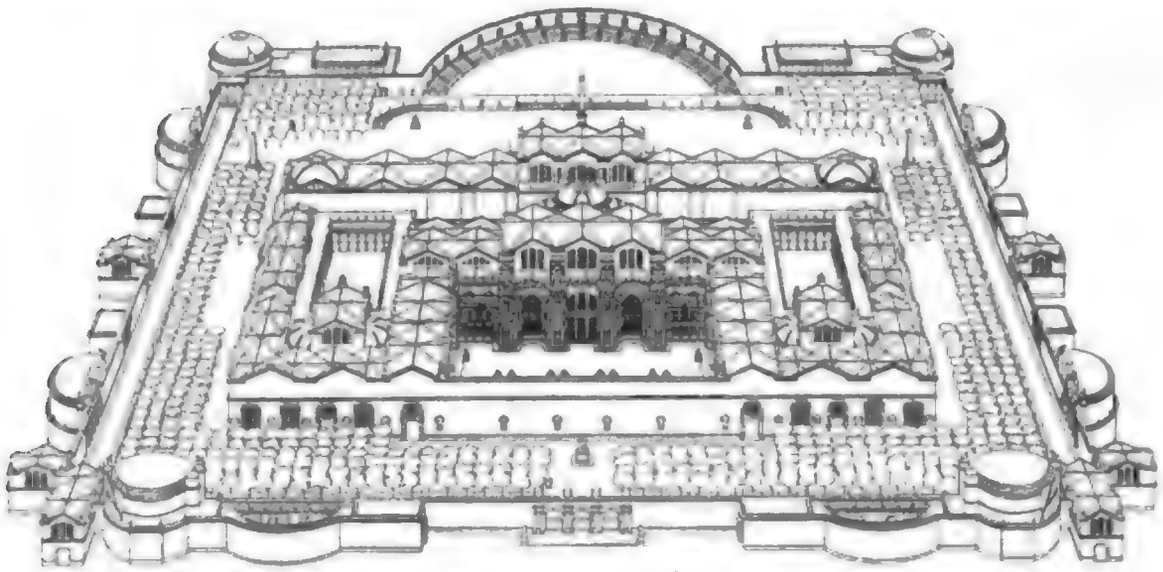


Abb. 497. Die Thermen des Diokletian. Rekonstruktion.

Hauptsache folgende Teile: den Auskleideraum (Apodyterium), das kalte Bad (Frigidarium), das Schwitzbad (Caldarium, Sudatorium) und einen halbwarmen Raum, in dem man sich nach dem Schwitzbad aufhielt, das „Tepidarium". Hierzu kommen dann noch die zur Heizung usw. dienenden Einrichtungen, die im Abschnitte „Heizung und Beleuchtung" eingehend geschildert sind. Alle diese Räume bieten in technischer Hinsicht nichts besonders Bemerkenswertes dar, es sei denn, daß sich das Auge des Technikers an einzelnen besonders praktischen Einrichtungen erfreut. So kann man sich beim Gebrauche der Bäder sehr leicht erkälten, wenn Zugluft entsteht. In den Thermen zu Pompeji sind daher die Türpfosten geneigt, so daß sich die an ihnen hängenden Türflügel durch ihr eigenes Gewicht von selbst schließen mußten, sobald man sie offen ließ. Dadurch konnte weder Zug entstehen, noch konnte die Hitze aus dem Caldarium entweichen. Die Sitze des Schwitzbades waren aus Holz, da Stein zu viel Wärme abgeleitet hätte. Die Malerei fehlt hier ganz, was beweist, daß man — und mit

Recht — der Beständigkeit der Farben und ihrem Haften auf dem Untergrunde bei der feuchten Hitze nicht recht traute. Über die gleichmäßige Verteilung des Dampfes im Schwitzbad und die Regulierung der Hitze macht Vitruv folgende Angaben (V 10): „Die Schwitzbäder müssen mit dem lauen Bad in Verbindung gebracht werden, und diese sollen so breit sein, als sie in der Höhe messen bis zum Scheitel der halbkugelförmigen Wölbung, und in der Mitte dieses Halbkugelgewölbes lasse man eine Lichtöffnung, von welcher an Ketten eine eherne Scheibe herabhängen soll, durch deren Zurückziehen und Herablassen der Hitzegrad des Schwitzbades bestimmt werden kann;

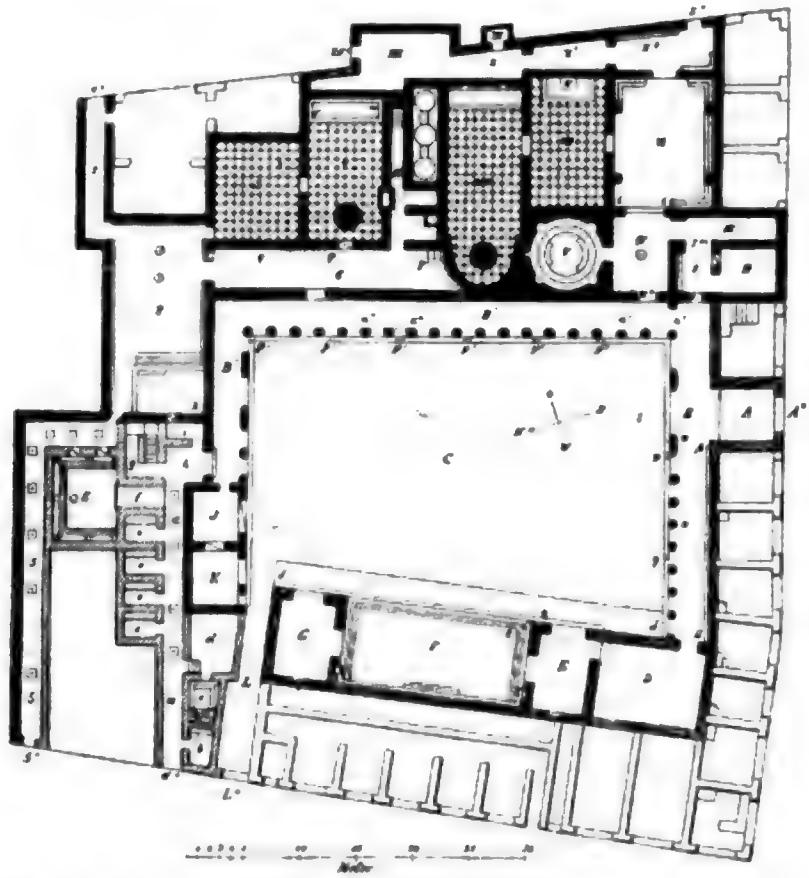


Abb. 498. Plan der größeren Thermen (Stabianerthermen) zu Pompeji.

A" Haupteingang; A Vestibulum; B B' B" Umgang; C großer Hof für Leibesübungen (Palaestra); D Apodyterium; E Zimmer; F Frigidarium; G Zimmer; VI Apodyterium; VII Tepidarium; VIII Caldarium IX Heizeinrichtung.

Die Einrichtung ist eine noch verhältnismäßig einfache, ebenso bei den „kleinen Thermen". Man vergleiche sie mit den großen römischen Thermen (Agrippa-, Diokletian-, Caracalla- und Titusthermen Abb. 497 S. 368, 504 S. 373, 506 S. 374, 507 S. 375, 508 S. 376, 509 und 510 S. 377, 511 S. 378), die die Großartigkeit und technische Gliederung der Anlagen und Reste zeigen.

die lakonische Halle selbst aber scheint kreisförmig gemacht werden zu müssen, daß die Hitze der Flamme und des Dampfes von der Mitte aus gleichmäßig die ganze Rundung des kreisförmigen Raumes durchstreiche."

Literatur zum Abschnitte: „Monumentale und öffentliche Bauten" siehe hinter dem Abschnitte: „Bauarten, Bauausführung und Baustoffe".

Digitized by Google

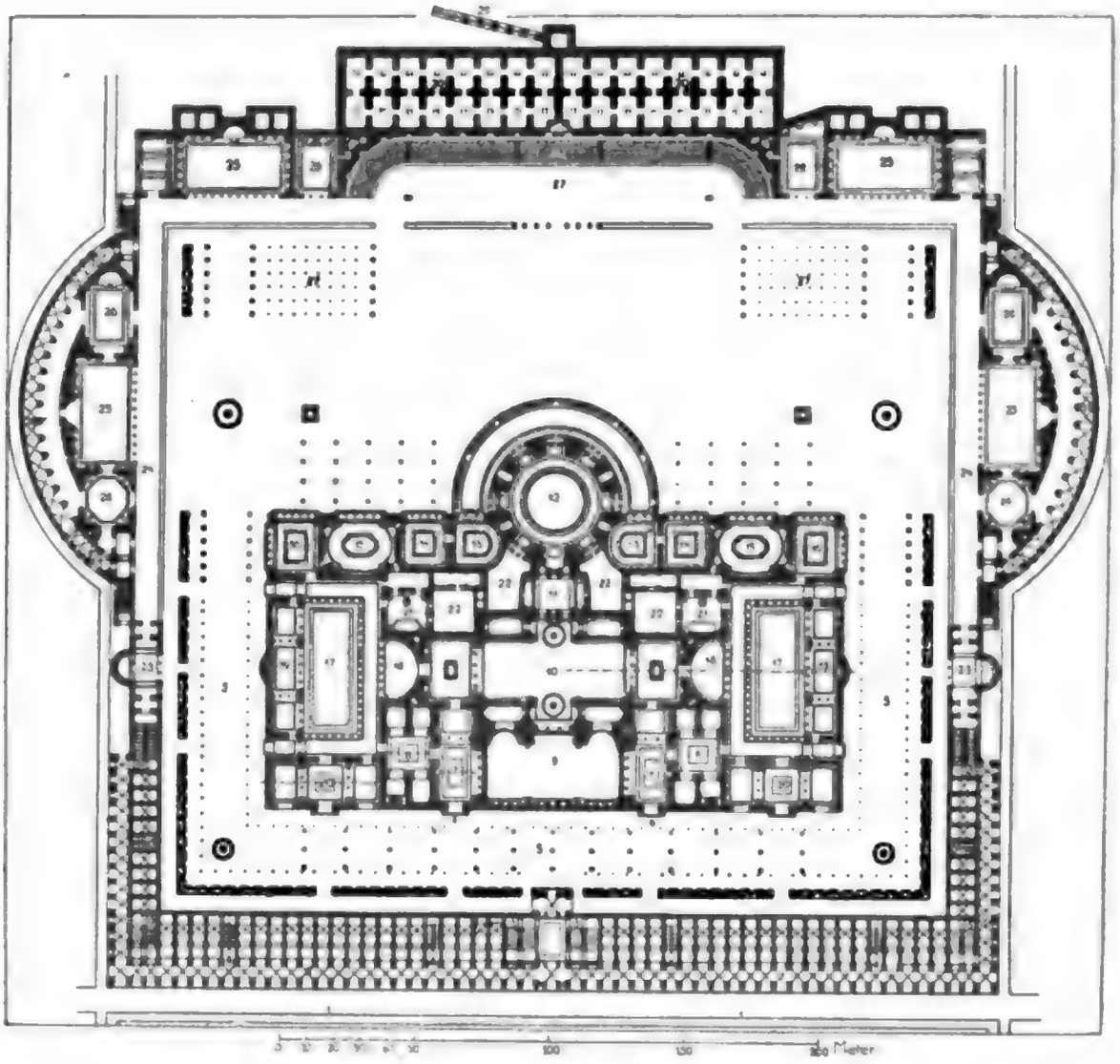


Abb. 508. Grundriß der Hauptgebäude der Thermen des Caracalla zu Rom.

Der Grundriß zeigt die reiche Gliederung der Anlage des Hauptgebäudes. Die Thermen ſtellen in ihrer Geſamtanlage faſt allein eine Stadt dar. Die von der Anlage bedeckte Fläche belief ſich auf rund 109000 qm. Die Beſtimmung der einzelnen Räume hat ſich nur teilweiſe mit Sicherheit wieder feſtſtellen laſſen. Wir finden aber auch hier die hauptſächlichſten und für die Thermen kennzeichnenden Abteilungen, nämlich: gegenüber den auf beiden Seiten (etwa bei 23) befindlichen Eingängen je eine Palaestra (47) (Ringſchule), ferner ein großes Caldarium (12) und ein gleichfalls durch ſeine Größe ausgezeichnetes Frigidarium (9), außerdem zahlreiche Ankleidezimmer, ferner ein großes Tepidarium (wahrſcheinlich, jedoch angezweifelt, 10). Die Beſtimmung aller übrigen Teile der großen Anlage iſt verſchiedentlich erörtert, aber nirgends mit derartiger Sicherheit feſtgeſtellt worden, daß wir ſie als einwandfrei wiedergeben möchten. Die Thermen gewährten 1600 Badenden Raum und waren mit höchſtem Luxus ausgeſtattet. Ihre Überreſte (ſiehe Abbildung 509 und 510 S. 377) machen heute noch einen gewaltigen Eindruck und laſſen insbeſondere das reiche Vorhandenſein von Kuppelwölbungen, Bogen, die Verwendung von Marmor und ſonſtiger wertvoller Bauſtoffe erkennen. Zahlreiche Kunſtwerke wurden hier gefunden Rings herum zog ſich eine Mauer, die ſelbſt wieder zahlreiche Gebäude, eine Rennbahn, Schwimmbaſſins uſw. enthielt. Der Bau der Thermen des Caracalla wurde im Jahre 212 n. Chr. begonnen.

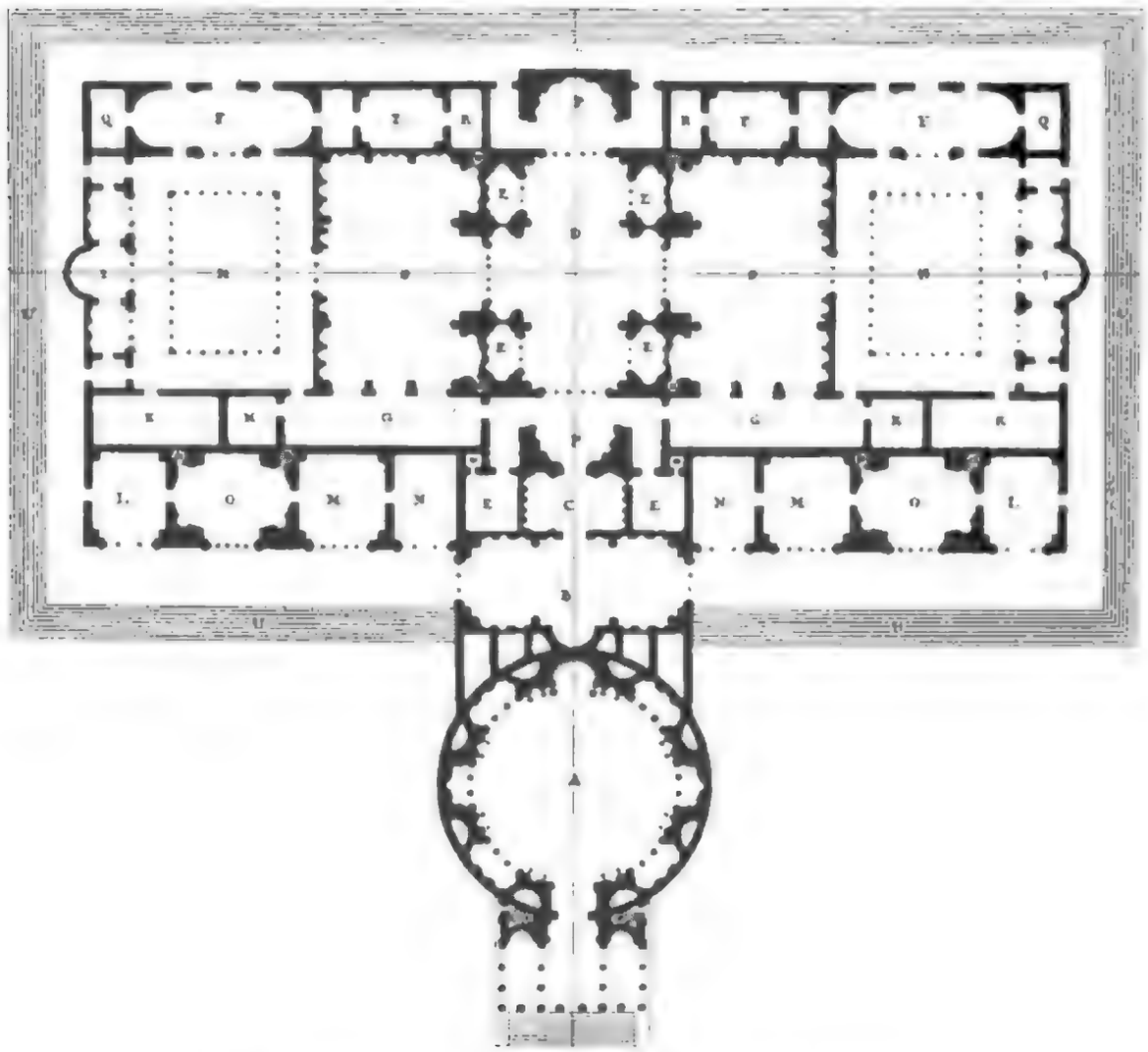


Abb. 511. Grundriß der Thermen des Agrippa in Rom.
(Rekonstruktion siehe Seite 375.)

Basiliken.

Zu den öffentlichen Bauten gehörten auch die Basiliken, deren Namen sich von βασιλεύς = König ableitet und in Griechenland ursprünglich „königliche Halle" bedeutete. In Rom kamen die Basiliken erst später auf. Die erste Basilika wurde dort von M. Porcius Cato im Jahre 184 v. Chr. gebaut. Die Bestimmung dieser Gebäude wechselte. Ursprünglich wohl eine einfache Art von Markthalle oder Börse, wurde die Basilika später Versammlungsort und Gerichtsstelle. Für das Gericht war ein besonderer Teil abgetrennt oder erhöht oder in Form einer Apsis angebaut. Man scheint sich viel in der Basilika aufgehalten oder in ihrer Nähe herumgetrieben zu haben, dafür sprechen unter anderen auch die auf den Stufen römischer Basiliken eingekratzten und mit großer Wahrscheinlichkeit noch aus römischer Zeit stammenden Figuren für eine Art von Brettspiel, ferner die Forderung Vitruvs (s. unten), daß die Basilika am wärmsten Ort des Forums stehen solle. Viele Städte, darunter Rom und Pompeji, besaßen mehrere Basiliken, doch sind uns von allen nur verhältnismäßig spärliche Reste erhalten, und dann steht es noch nicht einmal fest, daß

Digitized by Google

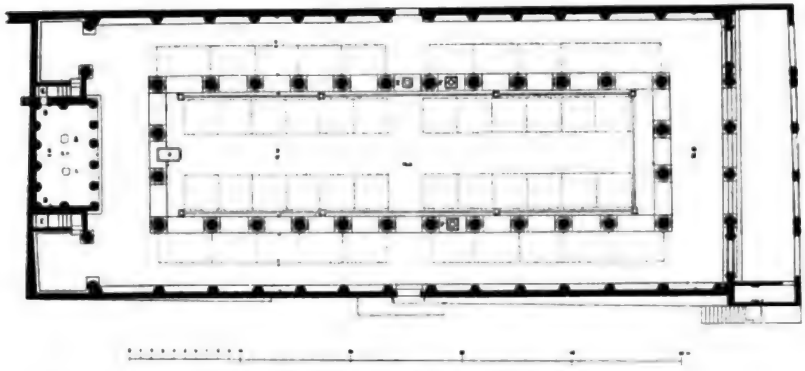


Abb. 512. Die Baſilika von Pompeji, Grundriß.
A Erhöhtes (2 m hohes) Podium für das Tribunal; B Türen; c Treppen in den darunter befindlichen Raum, der durch 2 Lichtöffnungen im Fußboden des Podiums bei A A erleuchtet wird; D Unterbau für ein Denkmal

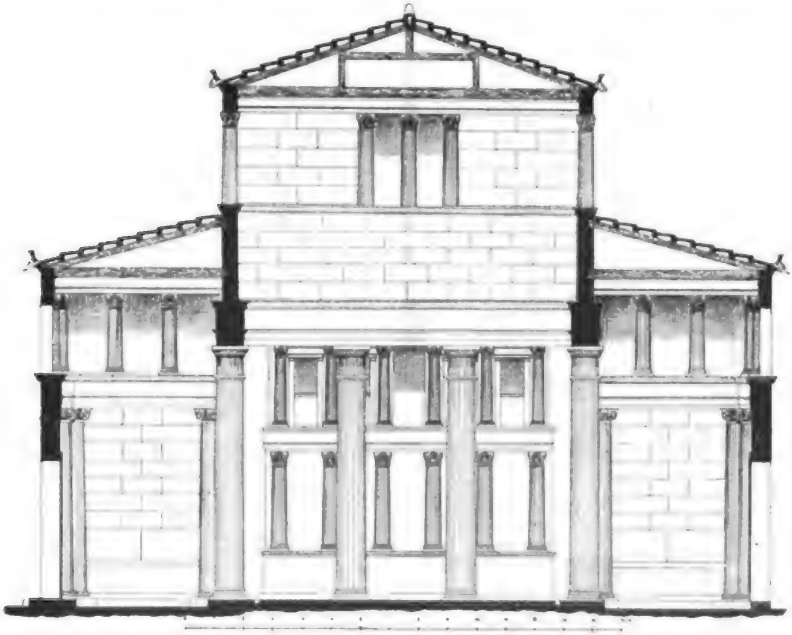


Abb. 513. Die Baſilika von Pompeji, Querſchnitt.

alle heute als Baſiliken angeſprochenen Gebäude wirklich ſolche waren. In bezug auf den Bau von Baſiliken ſind wir daher auf dieſe Reſte ſowie vor allem auf eine Beſchreibung des Vitruv (V, 1) angewieſen. Danach ſoll die Baſilika an den wärmſten Stellen des Forums ſtehen (ſ. a. S. 315) und ein längliches Viereck von beſtimmten Abmeſſungen

Digitized by Google

Bauarten und Bau-Ausführungen.

Ursprüngliche Bauarten.

Die verschiedenen im Altertum gebräuchlichen Arten, Bauwerke aufzuführen, sind im Anfang mit der Entwicklung des Wohnbaus aufs innigste verknüpft und machen sich erst später, als bereits eine gewisse Stufe der Entwicklung erreicht ist, davon frei. Der ursprünglichste Wohnbau war wohl das aus Tierfellen gebildete runde Zelt. Aus ihm ist dann der erste — gleichfalls runde — feste Wohnsitz, die Hütte, hervorgegangen. Um eine Einteilung in Innenräume zu ermöglichen, wird bei der weiteren Entwicklung des Hüttenbaus der Grundriß der Hütte immer länger, er wird zum Oval. Aus der ovalen Hütte entsteht dann die viereckige. Diesem Entwicklungsgange schmiegen sich Art und Ausführung der Bauten an. Man baut zuerst derart und mit solchen Materialien, wie es der Rundbau erforderte: Reisig, Stroh, Binsen, sowie auch einfach übereinandergetürmte Feldsteine schmiegen sich der Rundform gut an. Ebenso ermöglicht der Lehm entweder für sich oder in Verbindung mit den eben genannten Stoffen die Herstellung runder und ovaler Wohnstätten. Als dann die Kulturstufe der viereckigen Hütte erreicht ist, treten auch neue Bauarten auf: der Blockbau und der Fachwerkbau beginnen sich zu entwickeln; aus ihnen geht dann der Steinbau mit seinen so verschiedenen Abarten hervor.

Über die primitivsten und meist der Vorzeit angehörenden Bauarten, den Schilf-, Stroh- und Binsenbau, sind wir durch unmittelbare Überlieferung nicht mehr unterrichtet. Wir können nur aus der Betrachtung derartiger Bauten bei primitiven Völkern der Jetztzeit schließen, daß man die genannten langhalmigen Baustoffe verflocht, das Geflecht durch Pfähle versteifte, und daß man es, um die Wand gegen Wind und Regen undurchdringlicher zu machen, mit Lehm bewarf. An Stelle langer Halme hat man dann auch Weidenruten, Reisig und ähnliche Stoffe verwendet. Um dem Lehm mehr Festigkeit zu geben, vermengte man ihn mit Häcksel, Getreidespelzen oder Fichtennadeln. War kein Lehm zu beschaffen, so stopfte man auch Moos in das Geflecht. Fundamente kannte man nicht, die stützenden Pfähle steckten direkt im Boden.

Holzarchitektur.

In dem Maße, wie sich die Form der Wohnstätte ändert, treten Bestrebungen auf, sie zu einer immer festeren und dauerhafteren zu machen. Dies geschieht durch Verminderung des Flechtwerkes und Vermehrung des Stützwerkes: die Pfähle werden immer zahlreicher, die Fläche der geflochtenen Wände wird im Verhältnis zur Gesamtfläche des Hauses immer geringer, und so bildet sich allmählich das Holz-

Digitized by Google

haus, das Blockhaus, heraus. Die Art seiner Ausführung bringt es mit sich, daß man auch den Eingang besser festigen kann, was durch Anbringung der Schwelle und des Türrahmens geschieht. Die im Boden steckenden Pfähle verfaulen mit der Zeit, wodurch der Zusammenhalt des ganzen Hausbaus gelockert wird. So vermeidet man denn, sie direkt in den Boden zu stecken oder den Bau auf diesem oft feuchten Untergrund aufzuführen. Man bringt zwischen ihm und dem Boden eine trockene, feste Zwischenlage aus Steinen, das Fundament an. Auf diese Weise entsteht allmählich das Blockhaus, das bereits alle wesentlichen Bestandteile des späteren Hauses zeigt, das mit Fenstern versehen ist und sogar einen Dachstuhl besitzt, auf dem das aus Stroh, Schilf, Rasen oder kleinen dünnen Brettern (Schindeln) hergestellte Dach aufruht. Im Anfang sind die Balken rund und nur an den Stellen, wo sie aufeinander aufliegen, entsprechend ausgehöhlt, „ausgeklinkt"; später werden sie viereckig zubehauen, wodurch der Bau befestigt und Unregelmäßigkeiten in den Fugen verhütet werden. Die Verbindung der einzelnen Bauteile erfolgt entweder durch ihre eigene Schwere oder durch die Ausklinkungen an den Auflagestellen der Balken, oder durch Zusammenbinden, beim Dache wohl auch durch Beschweren mit Steinen. Der Nagel, zunächst der Holznagel, tritt später auf und kommt vielleicht erst zur Zeit des Fachwerkbaus zur allgemeinen Anwendung.

Wenn wir noch heute, im Zeitalter unserer hochentwickelten Technik, in Oberbayern, in Tirol und in der Schweiz gewaltige Blockhäuser mit einem durch Steine beschwerten Schindeldache sehen, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß sie auch bei vielen Völkern des Altertums während ihrer ganzen geschichtlichen Zeit vorhanden gewesen sind. Ihre Spuren sind verschwunden, da das Holz im Laufe der Zeiten verfaulte. Aber noch geben uns bei Ausgrabungen die mit dem vermoderten Holze gefüllten oder durch dieses braungefärbten Pfostenlöcher im gewachsenen Boden sowie sonstige Überreste Kunde von dem einstigen Vorhandensein primitiver oder höher entwickelter Holzbauten.

Auch aus sonstigen Angaben läßt sich in vereinzelten Fällen ein Bild von antiker Holzarchitektur gewinnen. So scheinen vor allem die Juden ein Volk gewesen zu sein, das viele und kunstvolle Holzbauten auszuführen verstand. Die Bibel nennt den Zimmermann den Mann „der das Haus baut". Viele ihrer Gleichnisse beziehen sich auf die Zimmermannstechnik. Sehen wir vom Bau der Arche Noah ab, die vollkommen aus Tannenholz hergestellt war, so müssen wir nach der ganzen Beschreibung, die die Bibel (1. Buch Könige 5—7; 2. Buch Chronik 2—4; Jeremias 25 usw. usw.) vom Tempelbau des Königs Salomo gibt, annehmen, daß es sich hier um einen Holzbau handelte, zu dem die edelsten Hölzer genommen wurden, und der mit einem Steinfundament versehen war. Auf das Steinfundament deutet die Stelle (1. Buch Könige 5, 31): „Und der König gebot, daß sie große und köstliche Steine ausbrächen, gehauene Steine zum Grunde des Hauses". Ebenso scheint auch der innere Hof ein Steinfundament gehabt zu haben (1. Buch Könige 6, 36): „Und er baute auch den inneren Hof von dreien Reihen behauener Steine und von einer Reihe zederner Balken." Die Wände freilich waren innen noch einmal besonders mit Brettern verkleidet, also getäfelt. Das Dach bestand aus Balken (1. Buch Könige 6, 9; 15): „Und er deckete das Haus mit Balken und Tafelwerk von Zedern ..... Er baute die Wände des Hauses inwendig mit Brettern von Zedern; von des Hauses Boden an bis an die Decke täfelte er es mit Holz inwendig, und den Boden des Hauses täfelte er mit Tannenbrettern."

Alles in allem gehen wir wohl nicht fehl, wenn wir uns nach der Beschreibung

Digitized by Google

der Bibel den Tempel Salomos als ein hervorragendes Werk altjüdischer Holzarchitektur vorstellen, zu dem Unmassen von Holz verbraucht wurden. Wahrscheinlich handelte es sich um einen auf einem Steinfundament stehenden, mit vielem Schnitzwerk verzierten und innen mit Holz vertäfelten Blockbau, zu dessen Herstellung behauene Balken dienten. Ebenso dürften auch die Säulen aus Holz gewesen sein. Auch die Stiftshütte, die wir als ein Abbild des jüdischen Hausbaus betrachten können, war ein Holzbau, der zugleich an die Wanderzeit und das während dieser gebrauchte Zelt erinnerte. Die Wände des heiligen Zeltes wurden in der Ausdehnung von 15 m Länge, 5 m Breite und 5 m Höhe durch aufrecht stehende Bretter gebildet, die mit Nuten ineinandergefügt waren, und von denen jedes auf zwei silbernen Füßen stand. Sie waren ¾ m breit, so daß zur Herstellung der beiden Seiten des Heiligtums 20 und für die Rückwand 6 solcher Bretter nötig waren. Um sie zu befestigen, wurden an den Ecken noch Eckpfosten aufgestellt, von denen je zwei oben und unten miteinander verklammert wurden. In diese Eckpfosten waren fünf wagerecht laufende Holzbalken, sogenannte „Riegel", eingezapft, die gleichfalls zur Befestigung der Bretterwände dienten. Die Befestigung geschah dadurch, daß an den einzelnen Brettern goldene Ringe angeschraubt waren, durch die die Riegel hindurchgingen. Das Holz war Akazienholz, das man vergoldet hatte. Im übrigen scheint der in Palästina eintretende Mangel an Holz dem altjüdischen Holzbau schon verhältnismäßig früh ein Ende bereitet zu haben, mußte doch schon Salomo das Holz zum Tempel, in dem er die alte Überlieferung nochmals in ihrer vollsten Entfaltung zusammenfaßte, von weither holen. Seinen eigenen Palast aber baute er dann aus Steinen (1. Buch Könige 7).

Der Fachwerkbau.

Ob es nun gleichfalls Holzmangel war, oder ob einfache technische Überlegungen dazu führten, vom Blockbau zum Rahmenbau, also zum Fachwerk überzugehen, mag dahingestellt bleiben. Vielleicht haben beide Ursachen zusammengewirkt. Aber jedenfalls mochte man die Beobachtung gemacht haben, daß die Festigkeit eines Baues nicht durch die Zahl der verwendeten Balken bestimmt wird, sondern daß es darauf ankommt, wie man sie zusammenfügt, und daß — wie ja der Türrahmen lehrte — durch eine wagerechte Schwelle, durch aufrechte Pfosten und wagerecht darübergelegte „Rähme" ein festes „Gespärre" gebildet wird, das den verschiedensten darauf einwirkenden Beanspruchungen wohl zu widerstehen vermag. Ob nun die Ausfüllung dieses Rahmens durch Lehm, Flechtwerk, Holz, Ziegel oder Stein erfolgt, ist im übrigen belanglos. So entstand aus dieser einfachen technischen Beobachtung heraus, die, wie wir eben andeuteten, vielleicht durch einen Mangel an Holz und das dadurch entstandene Bestreben, an diesem Material zu sparen, veranlaßt wurde, der Fachwerkbau, der schon im Altertum dieselben Merkmale zeigt wie auch heute noch. Bei ihm ist die Schwelle, also die unterste Balkenlage des gesamten Baues, zunächst gleichzeitig Fundament. Auf dieser Grundschwelle erheben sich senkrechte Holzbalken, die „Ständer" oder „Säulen". Sie sind durch wagerechte Balken („Riegel") und durch schräg verlaufende Stützen, die „Streben", miteinander verbunden. Dadurch entstehen einzelne „Felder" oder „Fächer" von viereckiger Grundform, die dann mit schwächerem Material beliebiger Art ausgefüllt werden. Hierzu kommt noch ein weiteres wichtiges Merkmal: Dach und Wand werden vollkommen voneinander

Digitized by Google

getrennt. Sie werden selbständige Bauglieder. Das Dach wird von der den Raum umschließenden Wand vollkommen unabhängig.

Sehen wir von Monumentalbauten, öffentlichen Gebäuden und den großen Häusern der Reichen, und sehen wir ferner von einzelnen Gegenden ab, in denen ein leicht zu bearbeitender Stein das gegebene Baumaterial bildet, oder in denen Holzmangel zur Verwendung von reinem Steinbau zwingt, so ist der Fachwerkbau vielleicht die verbreitetste Bauart des Altertums. Wir finden ihn noch zur Kaiserzeit in Massen in Rom vertreten (Friedländer), und wenn auch im Süden der Steinbau ziemlich verbreitet ist, so herrscht er gegenüber dem Fachwerkbau doch im allgemeinen wohl kaum vor. Im Norden hingegen ist dieser das Gegebene, bietet doch die Natur alles dazu Nötige, nämlich Holz und Lehm in reicher Fülle. Die Bauten der römischen Kastelle bestehen größtenteils aus Fachwerk, zum Teil mit Steinfundamentierung, und Städte wie Trier oder Köln sind, von den eben angeführten Ausnahmen abgesehen, als durchweg aus Fachwerk gebaut zu denken. Aber auch die Prachtbauten, die Tempel, bestanden ursprünglich, nachdem der reine Holzbau überwunden war, aus Fachwerk. Der schon erwähnte älteste griechische Tempel, das Heraion zu Olympia, war, soweit er nicht aus Holz bestand, ein mit Lehmziegeln hergestellter Fachwerkbau. In Tiryns bestehen nur die Umfassungsmauern und Fundamente aus Stein. Im Innern der Burganlage, wo die Gebäude stehen, die nicht dem direkten Ansturm der Feinde zu trotzen brauchen, zieht man den Fachwerkbau und daneben auch den Ziegelbau vor. Freilich sucht man bereits in dieser frühen Periode dem Fachwerk den Anschein einer Steinfläche zu geben, weshalb man es mit Lehm und Kalk bewirft und es außen noch mit reichlichem Schmuck versieht. Solcher Schmuck an Fachwerkbauten wird besonders in Griechenland sehr beliebt. Der alte Tempel von Thermos in Ätolien läßt erkennen, auf welche Weise man den aus Holz und Lehmziegeln hergestellten Bau mit bemalten Tonplatten zu stützen und zu schmücken verstand: „Über dem Balken, der auf den Säulen liegt, dem Epistylion, sind Tonplatten, Metopen, eingesetzt, die durch Triglyphen, senkrecht geschlitzte Architekturteile, getrennt werden; darüber liegt die Traufe. Auf unserer Abb. 516 stellt die Metope links in altertümlicher Malerei den Perseus mit Flügelschuhen, die rechts thronende Göttinnen dar" (Lamer). Daß sich auch die Säule, und zwar zunächst die dorische Säule aus dem Holzbau herleitet, wurde bereits an anderer Stelle (siehe Seite 352) erwähnt. Aber nicht nur der dort angeführte Tempel am Heraion von Olympia gibt uns hiervon Kunde, auch die ägyptischen Säulen lassen in der Form ihrer Kapitelle erkennen, daß sie aus geschnitzten Holzbalken in allmählicher Entwicklung entstanden sind.

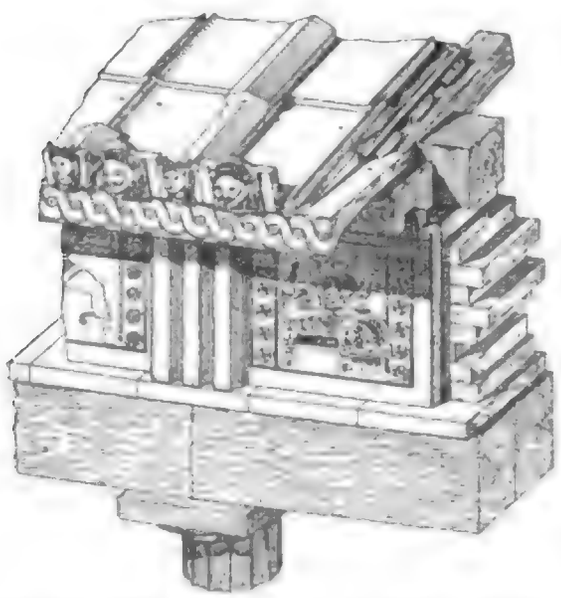


Abb. 516. Mit Tonplatten verkleidete Holzarchitektur am Tempel von Thermos in Ätolien.

die Flachziegel dicht aneinander bzw. hängt man sie, falls an ihnen „Nasen" angebracht sind, mit diesen in die Querlatten des Dachgebälkes ein und legt man über die durch ihre aufgebogenen Kanten gebildeten Fugen die Deckziegel, so hat man ein Dach, in das nirgends Regenwasser eindringen kann. Es läuft in den zwischen den Deckziegeln gebildeten Rinnen auf den Flachziegeln ab. Anstatt die Ziegel mit den Nasen in die Querlatten des Dachgebälkes einzuhängen, brachte man auf diesen unter Umständen noch eine Bretterlage an, die mit einer Lehmschicht bedeckt wurde, auf der dann die Flachziegel auflagen[1]). Erwähnt sei, daß der älteste bekannte Fachwerkbau der Griechen, das Heraion zu Olympia, bereits ein Ziegeldach trug. Nicht immer ragte das Dachgebälk über die Wand hervor. Die erhaltenen Blöcke des Dachgesimses am Schatzhause von Gela in Olympia lassen uns erkennen, daß die Dachbalken unter Umständen auch in einem entsprechend ausgearbeiteten Gesims endigten, das dann verziert oder durch Terrakotten abgeschlossen war. (Abb. 518, S. 386.) Der Dachfirst wurde durch einen großen starken Querbalken gestützt. Um ihn und die darüberliegenden Sparren zu schützen, bringt man dann in der ganzen Länge des Firstes einen besonderen Schutz in Form einer Deckziegellage an, die oft künstlerisch ausgestaltet wird.

In gleicher Weise wie dieses griechische war auch das römische Giebeldach ausgestaltet, über das uns, wenn wir von einigem Stützwerk für das Gebälk absehen, somit auch Vitruv in seiner ausführlichen Darstellung (IV 2) nichts Neues mehr zu sagen weiß.

Der Steinbau.

Während sich der Holzbau in ständiger Vervollkommnung vom Binsengeflecht bis zum Fachwerkbau entwickelt hat, läßt sich eine derartige Entwicklung beim Steinbau nicht mit Sicherheit nachweisen. Man hat früher angenommen, daß die sogleich zu besprechenden Kyklopenmauern älter seien als die Mauern mit wagerechten Steinlagen, doch hat sich für diese Annahme kein schlüssiger Beweis erbringen lassen. Ebensowenig sind die Abstufungen stichhaltig, die man auf die Genauigkeit der Fügung, die Abmessungen der Blöcke und auf das Hineinspielen der Wagerechten gründete. Wo eben gerade parallel brechendes Gestein zur Hand war, da führte man keinen Kyklopenbau, sondern Mauern mit wagerechten Steinlagen auf. Ebenso werden Polygonbau und Quaderbau an vielen Stellen gleichzeitig ausgeführt. So finden sich z. B. in den Ruinen von Mykenä kyklopische Burgmauern, während die an das Löwentor anstoßenden Mauerteile andere Bauarten aufweisen. Die Ecken der Ummauerung sind abermals anders ausgeführt.

Immerhin gehört die Kyklopenmauer zu den ältesten Mauerarten. Sie entstand dadurch, daß man rohe, unbehauene Steine ohne jegliches Verbindungsmittel übereinanderlegte. Die Zwischenräume zwischen ihnen füllte man dann durch hineingestopfte kleinere Steine aus. Diese oft aus riesigen Blöcken hergestellten Mauern erregten schon im Altertum, als man die Technik ihrer Herstellung nicht mehr ausübte, Bewunderung. So haben die Mauern von Tiryns, die aufgetürmten Felsen glichen, und die schon von Homer und Hesiod erwähnt werden, auch Pausanias (2. Jahrh. n. Chr.) zum höchsten Erstaunen hingerissen, der (n. Reber) schreibt (II 25): „Die Mauer, die von den Trümmern der Stadt allein noch übriggeblieben,

[1]) Vergleiche Abb. 419, S. 322, und 440, S. 334.

ist ein Werk der Kyklopen und aus unbearbeiteten Steinen erbaut. Ein jeder derselben hat die Größe, daß ein Joch Maulesel auch nicht den kleinsten aus seiner Lage verrücken könnte. Kleine Steine sind schon vor alters in die Lücken eingefügt worden, um die Verbindung tunlichst herzustellen." Darüber, wie man solche Mauern ausführte, lassen sich nur Vermutungen äußern. Wahrscheinlich ist es, daß auch bei ihrer Herstellung die schiefe Ebene eine Rolle spielte. Man wird die Steine auf einer solchen Ebene, einer Anrampung, unter Aufwand eines ungeheuren Menschenmaterials und vielleicht unter Verwendung von Schleifen hinaufgezogen und auf der Mauer übereinandergetürmt haben. Verschiedene Forscher, die das Rätsel dieser Bauten zu lösen suchten, haben die wunderbarsten Konstruktionen, Hebezeuge und Ausführungsverfahren für derartige Mauern ersonnen, die aber nicht hinreichend belegt erscheinen und keinerlei Vermutung der Wahrscheinlichkeit für sich haben. Überblickt man den Umfang der antiken Technik, soweit sich unsere Kenntnis von ihr auf Tatsachen aufbaut, so muß man zu der Überzeugung kommen, die im Abschnitte „Technische Mechanik und Maschinen" ausgesprochen ist, daß nämlich derartige Riesenleistungen mit äußerst einfachen mechanischen Hilfsmitteln, jedoch unter Aufwand von viel Menschenmaterial und viel Zeit ausgeführt worden sind.

Die polygonen Mauern entstanden dadurch, daß man den rohen Stein nahm und seine Seiten unter ungefährer Beibehaltung der ursprünglichen Form so bearbeitete, daß sich Vielecke von allerdings ungleichmäßiger Seitenlänge und dadurch ungleichmäßiger Form ergaben. Diese Blöcke legte man dann so aneinander, daß sie sich mit möglichst dichten Fugen zusammenschlossen. Derartige Mauern werden gleichfalls noch meist ohne Mörtel hergestellt, ihr Gefüge hält durch die Schwere der Steine fest. Polygone Mauern sind uns gleichfalls, und zwar in ziemlicher Menge erhalten. Wir finden sie in den Überresten von Korinth, zu Mykenä, zu Ostia, in Epirus, zu Oiniadae in Akarnanien usw.usw. Manche dieser Mauern scheinen mit allem Fleiß so ausgeführt, daß sich nirgends eine Spur von wagerechter Schichtung zeigt. Bei anderen wieder, wie z. B. bei den gewaltigen Mauern von Norba, sind zwar polygone Steine verwendet, doch sind sie so gelegt, daß wagerechte Schichtungen entstehen, oder daß das Polygonnetz von einzelnen wagerechten Schichtlinien unterbrochen wird.

Der Quaderbau endlich setzt sich aus rechteckig behauenen Blöcken zusammen und bietet den Vorteil, auch bei Verwendung kleinerer Blöcke die größte Standfestigkeit zu gewähren, da ja die Auflagefläche eine große ist und voll ausgenützt wird. Wenn wir heute zahlreiche Quaderbauten des Altertums nur noch als Ruinen vor uns sehen, so kommt dies nicht etwa daher, daß sie der Zeit nicht standzuhalten vermochten. In allen nicht gerade von Erdbeben heimgesuchten Gegenden würden sich diese Bauten wohl auch jetzt noch ziemlich unverändert erhalten haben, wenn man nicht ihre Steine weggenommen und zur Ausführung neuer Bauten benutzt hätte. In den meisten Gegenden, vor allem aber in Rom bildeten die antiken Quaderbauten geradezu die Steinbrüche, aus denen das Mittelalter sein Baumaterial bezog. Die Ausführung der Quaderbauten geschah entweder gleichfalls in Form von Trockenmauern, d. h. man türmte die Steine ohne irgendein Bindemittel übereinander, oder aber man verklammerte sie mit Eisen. Zu diesem Zwecke wurden in entsprechende Stellen der sich berührenden Flächen Vertiefungen eingehauen, in die man einen Eisenstab einsetzte. Die Vertiefung wurde dann mit Blei ausgegossen. Die griechischen Bauten erhalten außer den wagerechten auch noch senkrechte eiserne Dübel. Durch diese wird ein seitliches Ausweichen der Schichten gegeneinander verhütet. Die Dübel sind in der Mitte der oberen Fläche des unteren Steins in eine dort eingemeißelte

Figure 1.1 Computer graphics in the movie industry.

Figure 1.2 Computer graphics in the video game industry.

Figure 1.3 Computer graphics in the medical industry.

schon um 4000 v. Chr. bekannt. Wenn er sich von hier aus auch auf andere Völker verbreitete, so scheint seine Kenntnis doch im Laufe der Zeiten allmählich verloren gegangen zu sein. Bei den Griechen kannte man ihn anfänglich nicht, es wurden nur wagerechte Decken gebaut. Wollte man offene Weiten überspannen, so überdeckte man sie mit wagerechten Balken aus Stein oder Holz, auf die die Decke zu liegen kam. Natürlich waren infolge dieser primitiven Technik der Größe der Räume Grenzen gesetzt. Der Wunsch, größere Säle herzustellen, führte dann zu einer Vervielfältigung der die Deckenbalken stützenden Träger, die man so vermehrte, daß dadurch der Raum wieder eingeschränkt wurde. So enthielt der Mysterientempel zu Eleusis eine siebenfache Reihe von je sechs Säulen, das Gemeindehaus in Megalopolis war in radialen Richtungen mit Säulenreihen ausgestattet. Wo man dann zum Kuppelbau überging, da geschah dies zunächst mit Hilfe falscher Gewölbe. Ein typisches Beispiel hierfür ist das sogenannte „Schatzhaus des Atreus" bei Mykenä, augenscheinlich der Vorraum zum Grabe eines Königs. (Abb. 529.) Hier ist ein Kuppelraum von 15 m Höhe bei 15 m Durchmesser dadurch geschaffen, daß vom Kämpfer der Kuppel an ringförmig 33 wagerecht gelagerte Steinschichten sich überkragen, bis sie sich im obersten Mittelpunkte schließen. Ähnliche falsche Gewölbe finden sich im übrigen auch im Orient, z. B. in chaldäischen Gräbern, wie z. B. im Grabgewölbe von Mugeir, bei dem die Wände nach oben zu auseinanderweichen, worauf sich auf ihnen das falsche Gewölbe zusammenschließt, das an seiner engsten Stelle durch Ziegelplatten bedeckt ist. (Abb. 530.) Die eigentliche Wölbungskunst beginnt sich dann in Griechenland aus dem Bogenbau akarnanischer Stadttore zu entwickeln. Ein derartiges frühes Bogentor finden wir im „Tor der heiligen Straße" zu Palaeros. Es ist ein Keilschnittgewölbe, also durch keilförmig zugehauene Steine gebildet, die zwar noch nicht von vollkommener Gleichmäßigkeit, aber von hinreichend festem Gefüge sind, um auch heute noch die Last der teilweise erhaltenen oberen Schicht zu tragen.

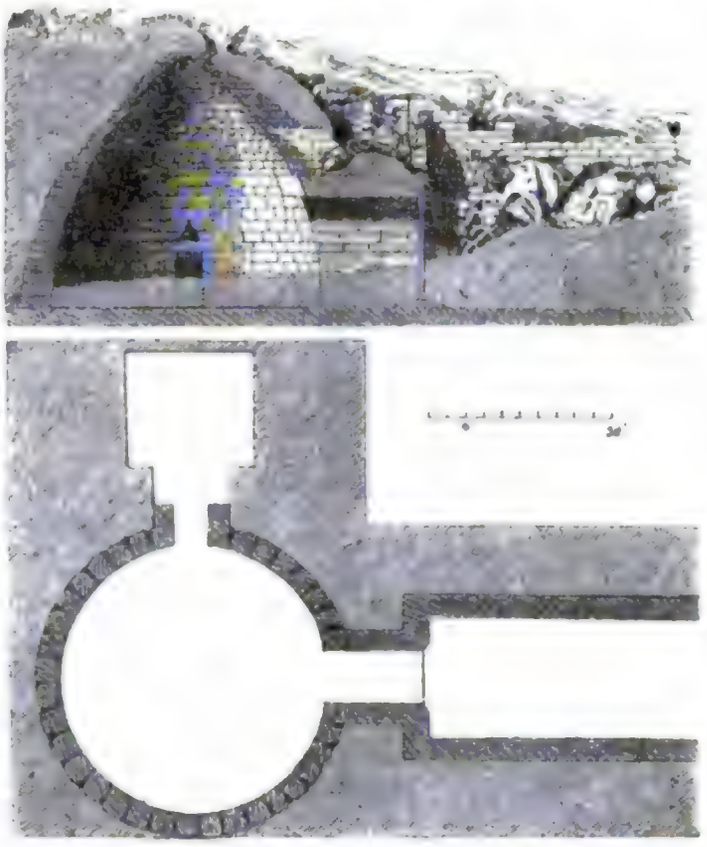


Abb. 529. Falsches Gewölbe. Das sog. „Schatzhaus des Atreus" bei Mykenä.

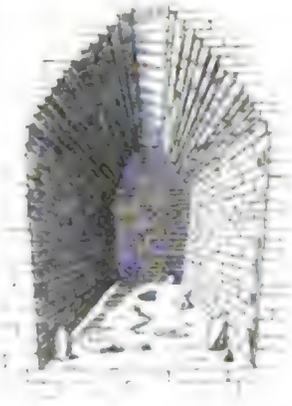


Abb. 530. Chaldäisches falsches Gewölbe am Grabgewölbe von Mugeir.

die Nivellierinstrumente, die dazu dienten, die Wagerechte festzulegen, und die sowohl beim Bau von Häusern wie auch bei dem von Landstraßen, Wasserleitungen usw. usw. in gleicher Weise benutzt wurden wie jetzt bei uns.

Das einfachste aller antiken Nivellierinstrumente war die „Groma", die auch das Hauptinstrument der römischen Landmesser bildete. Reste einer derartigen altrömischen Groma wurden in Pfünz bei Eichstätt gefunden. Sie ist identisch mit dem von Heron von Alexandria beschriebenen Winkelkreuz, dem sogenannten „Stern", der aus zwei senkrecht aufeinanderstehenden und wagerecht gelegten Armen besteht, von deren Enden Lote herabhängen. Schon Heron macht auf die Fehler aufmerksam, die bei nicht wagerecht gelegten Armen des Sterns sowie bei Windstörungen entstehen. Als eine Verbesserung der Groma muß der Chorobat bezeichnet werden, den Vitruv (VIII 5) beschreibt: „Der Chorobat aber besteht aus einem etwas längeren Richtscheit von etwa zwanzig Fuß, welches an den äußersten Enden ganz gleichartig gefertigte Schenkel hat, die in die Enden des Richtscheites nach dem Winkelmaß eingefügt sind, und Streben[1]) zwischen dem Richtscheit und den Schenkeln, die durch Einzapfung festgemacht sind. Diese Streben haben lotrechte Linien aufgezeichnet, und diesen einzeln entsprechend hängen von dem Richtscheite Bleilote herab, welche, wenn das Richtscheit aufgestellt ist, und wenn sie genau auf die verzeichneten Linien einspielen, eine wagerechte Lage anzeigen.

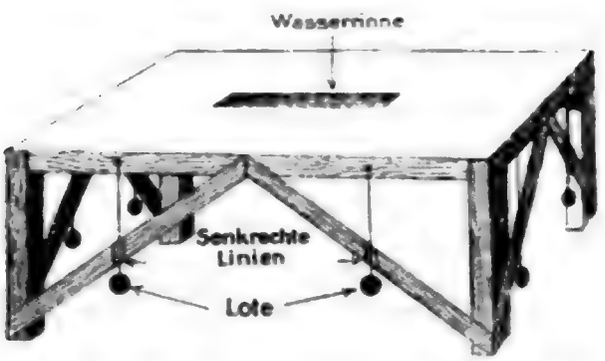


Abb. 535. Chorobat. Rekonstruktion nach Neuburger.

Wenn aber der Wind störend einwirkt und die Linien durch die so hervorgebrachte Bewegung keine verlässiges Kennzeichen mehr darbieten können, dann soll das Instrument oben eine Rinne von sechs Fuß Länge, einem Zoll Breite und anderthalb Zoll Tiefe haben, in welche man Wasser hineinzugießen hat, und wenn nun das Wasser in durchaus gleicher Höhe den Rand der Rinne berührt, so wird man wissen, daß die Lage wagerecht sei. Hat man so mit jenem Chorobat das Niveau ermittelt, so ergibt sich auch das Verhältnis des Gefälles." (Die letztere Bemerkung des Vitruv bezieht sich darauf, daß er das Nivellieren einer Wasserleitung beschreibt.) Der Chorobat ist somit (Abb. 535) weiter nichts als ein Schemel, dessen Beine mit der Mitte des Oberteils durch Querspreizen verbunden sind. An diesen Spreizen sind Marken angebracht, die zeigen, ob die am Rande des Oberteils befestigten Lote genau senkrecht herabhängen. War dies der Fall, so stand die Oberfläche des Meßinstruments genau wagerecht. Abweichungen von der Wagrechten nach der einen oder anderen Richtung ließen sich leicht erkennen. Man konnte den Chorobaten aber auch noch als Wasserwage benutzen. Aus den weiteren Ausführungen des Vitruv geht jedoch hervor, daß man die gewöhnliche Wasserwage, also eine mit Wasser gefüllte Glasröhre, in der sich eine Luftblase befand, gleichfalls kannte und als Nivellierinstrument benutzte.

Außerdem war noch ein weiteres auch von Vitruv erwähntes Visierinstrument, das Dioptер bekannt, das auch Heron von Alexandria beschreibt, und das neuerdings

[1]) transversaria, schräge Hölzer, die sich zu dem beiderseitigen rechten Winkel, welchen die Schenkel mit den Enden des Horizontalbalkens bilden, verhalten wie die Hypotenuse.

Die Baumaterialien.

Holz.

Unter den Baumaterialien des Altertums spielte, wie aus den im vorigen Abschnitte gemachten Darlegungen hervorgeht, in den frühesten Zeiten das Holz die wichtigste Rolle. Man verwendete so ziemlich alle Holzarten, die auch gegenwärtig noch gebraucht werden, wobei man sich jedoch sehr oft von Gesichtspunkten der Bequemlichkeit leiten ließ. So benutzte man insbesondere in römischer Zeit zur Herstellung des Fachwerks scheinbar lediglich deshalb Tannenholz, weil es sich in größerer Nähe vorfand als das von weiter herzuschaffende Eichenholz. Fügen wir noch hinzu, daß bei besseren Bauten sowie für Vertäfelungen edlere Hölzer verwendet wurden, so bietet das Holz als Baumaterial weiter keine besonders bemerkenswerten Gesichtspunkte dar. Über die Art und Weise der Fällung des Holzes und seine Bearbeitung ist in einem besonderen Abschnitte (siehe Seite 71 ff.) alles Nähere mitgeteilt. Die Römer verwendeten zu ihren Bauten bereits Holz, das flammensicher imprägniert war, Aulus Gellius (etwa 150 v. Chr.) erzählt in seinen „Attischen Nächten" (XV), daß er zusammen mit anderen Zuhörern eines Tages den Rhetor Antonius Julianus nach Hause begleitete, wobei sie an einem brennenden Hause vorbeikamen. Da weist im Gespräche Julianus auf eine Stelle in den Jahrbüchern des Claudius Quadriagarius hin, wo dieser erzählt, daß Sulla im Jahre 86 v. Chr. im Kampfe gegen Mithridates Athen hart bedrängte. Archelaos, der Feldherr des Mithridates, ließ zum Schutze des Piräus einen hölzernen Turm erbauen, der trotz aller Versuche der Römer, ihn anzuzünden, nicht brannte. Die Flammensicherheit wurde dadurch herbeigeführt, daß Archelaos alles Holz mit Alaun getränkt hatte (ita Archelaus omnem materiam obleverat alumine).

Auch den, wie wir jetzt wissen, durch eine Infektion des Holzes entstehenden Hausschwamm wußte man im Altertum bereits zu bekämpfen, obschon man sich über seinen Zusammenhang mit den Holzteilen der Bauten nicht klar gewesen zu sein scheint. Bekämpfungsmaßregeln sind im 3. Buch Mose Kap. 14 enthalten. Da sie auch nach dem Stande unserer heutigen Kenntnis als zweckmäßig erachtet werden müssen, und da sie sich nur auf den Hausschwamm beziehen können, so sei die betreffende Stelle hier wiedergegeben. Findet sich an einem Hause in dem Lande Kanaan ein „Aussatzmal", so soll zunächst der Priester dieses Haus besichtigen. „Wenn er nun das Mal besiehet und findet, daß an der Wand des Hauses gelbe oder rötliche Grüblein sind, und ihr Ansehen tiefer denn sonst die Wand ist, so soll er zum Hause zur Tür hinausgehen und das Haus sieben Tage verschließen. Und wenn er am siebenten Tage wiederkommt und siehet, daß das Mal weitergefressen hat an der Hauses-Wand, so

Ziegel weitgehende Aufmerksamkeit zu. Vitruv macht (II 3) nähere Mitteilungen über die Eigenschaften, die ein guter Ziegel haben soll, sowie über die Formen, in denen man ihn am besten anfertigt. Er weist darauf hin, daß der zur Herstellung von Ziegeln dienende Lehm nicht sandig noch steinig noch grießig sein soll. Er soll sich leicht kneten lassen. Am besten sind festgelagerter Lehm oder weißliche Kreideerde. Die daraus hergestellten Ziegel sind leicht und gleichzeitig fest. Zur Anfertigung der Ziegel empfiehlt er die Frühlings- oder Herbstzeit, da dann ein langsames, gleichmäßiges Austrocknen stattfindet. Man muß sich davor hüten, daß die äußere Schicht ausdorrt, während das Innere noch naß bleibt. Ein guter Ziegel soll zwei Jahre lang austrocknen. Nimmt man unausgetrocknete Ziegel zum Bau, so schwinden sie in der Mauer, wodurch der Zusammenhang mit dem Verputz gelockert wird, der dann abfällt. Schon damals ließen sich die Uticenser amtlich bescheinigen, daß ihre Ziegel fünf Jahre lang getrocknet hatten. Vitruv kennt drei Arten von Ziegeln, von denen die eine, die „lydische", hauptsächlich in Rom verbraucht wird. Die andern beiden Formen sind in Griechenland gebräuchlich. Des weiteren erwähnt Vitruv noch Ziegel, die auf dem Wasser schwimmen, weil die Erde, aus der sie gestrichen werden, bimssteinartig ist.

Der gewöhnliche römische Ziegel ist breiter und flacher als der unsrige. Seine Größe ist sehr verschieden und hält sich durchaus nicht in den von Vitruv angegebenen Grenzen von 45 cm Länge und 30 cm Breite. Die meisten altrömischen Ziegel sind kleiner. Sie sind jedoch dauerhafter als die Maschinenziegel unserer Zeit, was wohl an der Handarbeit einerseits und an der Fertigkeit der Ziegelstecher andererseits lag. Die römischen Ziegel tragen in der Regel einen Stempel, entweder den des Fabrikanten oder die Nummer der Legion, deren Soldaten die Ziegel hergestellt hatten. (Abb. 194 S. 135.) Da man das römische Heer auch in Friedenszeiten beschäftigen mußte, damit der Müßiggang nicht zu Erhebungen und zur Auflehnung führte, so ließ man die nicht im Kampfe stehenden Soldaten Ziegel streichen oder Landstraßen bauen und sonstige Arbeiten verrichten.

(Weiteres über die Herstellung von Ziegeln siehe unter „Keramik" Seite 136ff.)

Neben den Quadersteinen und den Ziegeln wurden im Altertum in einzelnen Fällen auch Kunststeine und Kunstmassen als Baumaterial verwendet. Derartige Kunststeine fand man schon in den Ruinen des alten Babylon. Sie bestehen nach der von Rathgen ausgeführten Analyse zu 94% aus Quarz und sind aus Quarz, Kalk und Magnesia zu einer Art Magma zusammengekittet. Eine weitere schon im Altertum bekannte Kunststeinmasse entspricht unserem heutigen Beton. Der Beton wurde hauptsächlich von den Römern verwendet. Die Grundlage zu seiner Herstellung bildete die bei Puteoli am Meerbusen von Neapel vorkommende Puzzolanerde, ein vulkanisches, ton- und kieselhaltiges Material, das durch Zusatz von gelöschtem Kalk widerstandsfähig gegen Wasser wurde. Man pflegte für Wasserbauten zwei Gewichtsteile von Puzzolanerde mit einem Teil gewöhnlichen Mörtels zu mischen. Die Herstellung der Bauten geschah nach dem heute üblichen Verfahren, indem man die Betonmasse — unter Umständen nach Zusatz von Sand und Steinbrocken — in aus Brettern hergestellte Formen eingoß oder einstampfte und sie darin erhärten ließ. Aus derartigem Beton stellte man hauptsächlich Kanalisationsröhren, Teile von Wasserleitungen und Hafenbauten usw. usw. her. Der Beton wurde sowohl in Form von Schüttungen verwendet wie auch in der gehärteter Betonblöcke, die man dann zusammenfügte. Aus solchen Blöcken wurde unter der Regierung Caligulas ein Molenbau bei Neapel errichtet. Bei aus Quadern hergestellten Gewölbebauten ver-

Digitized by Google

wendete man den Beton anstatt des reinen Mörtels als Bindemittel. Man goß dann die zwischen den Steinen gelassenen Fugen damit aus.

Mörtel und Bindemittel.

Die im Altertum verwendeten Mörtel und sonstigen Bindemittel waren sehr verschiedenartiger Natur. Schon bei den alten Babyloniern kennt Herodot zwei Arten von Bindemitteln, um die Steine der Bauten zusammenzuhalten. Das eine (I 186) ist das schon mehrfach erwähnte und oben bereits (siehe Seite 388) ausführlich beschriebene Verfahren der Verbindung durch Eisen und Blei, das andere (I 179) besteht in der Verwendung von heißem Erdharz, also Asphalt. Daß sich die mit Asphalt verbundenen Steine Jahrtausende hindurch festgefügt erhalten haben, beweisen die Ausgrabungen Layards in den Ruinen von Ninive und Babylon. Die feste Bindung beruht darauf, daß sich der heiß aufgetragene Asphalt in die Steine hineinzog, sie durchsetzte, wodurch gleichzeitig auch ein Schutz gegen Witterungseinflüsse erzielt wurde. Der von den Babyloniern verwendete Asphalt stammt von den Erdölquellen am Is, einem Nebenflusse des Euphrat. Man ließ die leichter flüchtigen Bestandteile des Erdöls verdunsten, wodurch das zu den babylonischen Bauten benutzte Erdharz zurückblieb. Den Römern war die Verwendung des Asphalts bei den babylonischen Bauten bekannt; sie wird z. B. von Plinius (XXXV 51) erwähnt. Ebenso beschreibt Vitruv (VIII 3) den Asphalt, und auch Plinius geht an anderer Stelle (V 16) auf ihn ein. Aber trotz dieser Kenntnis benutzte man ihn bei den Römern nicht mehr als Bindemittel.

Hingegen stand er bei den Ägyptern in vereinzelten Fällen noch im Gebrauch, die im übrigen aber bei fast allen ihren Bauten die hauptsächlichsten beiden Mörtel des Altertums, den Gips und den Kalk, sowie Gemenge aus beiden verwendeten. Wie aus der Besprechung der ägyptischen Kanalisationseinrichtungen hervorgeht (siehe Seite 443), wurde dort zum Einkitten des Ablaufrohres ein Mörtel verwendet, der aus 45,54% Gips und 41,36% kohlensaurem Kalk bestand. Außerdem enthielt er noch 13,10% unlösliche Bestandteile, meist scharfkantige durchsichtige Quarzteilchen und Teilchen von Silikatgestein. Lucas hat auf Grund der von ihm ausgeführten Analysen die Frage aufgeworfen, ob die alten Ägypter einen Kalkmörtel mit Sandzusatz kannten, oder ob sie nur Gipsmörtel verwendeten, die mehr oder weniger stark mit kohlensaurem Kalk verunreinigt waren. Analysen, die mit den heutigentags in Heluan gewonnenen Gipsen vorgenommen wurden, legen die letztere Vermutung nahe. Diese Vermutung wird dadurch verstärkt, daß Gips und Kalk in Ägypten allgemein nebeneinander vorkommen.

Weitere Analysen liegen über Mörtelproben vor, die Lepsius schon vor Jahrzehnten der Pyramide des Chefren entnommen hat. Über die Ergebnisse dieser Analyse und die daraus zu ziehenden Schlüsse macht Rathgen folgende Mitteilungen:

„Mörtel Chefrenpyramide, Inv. Nr. 1334. Gipsmörtel mit weniger Kalk, mit oft bis 1 cm großen Gipskristallstücken und wenigen meistens abgerundeten Quarzkörnern.

Mörtel Chefrenpyramide, Inv. Nr. 1334. Kalkmörtel mit vielen Kalksteinstückchen, mit sehr wenigen scharfkantigen Quarz- und vereinzelten Gipskristallteilchen.

Mörtel Chefrenpyramide, Inv. Nr. 1342. Gemenge von Gips- und Kalkmörtel mit Stücken von Gipskristallen und geringen Mengen von Kalksteinstückchen und meistens

abgerundeten Quarzteilchen. Die Zusammensetzung dieses Mörtels der Chefrenpyramide ist ganz ähnlich wie die des Mörtels von der Wasserleitung des Sahurêgrabdenkmals (s. S. 443) und wie die des Mörtels von der Sphinx." (Siehe S. 348.)

Nach allem kann man wohl sagen, daß die alten Ägypter im allgemeinen Gips als Mörtel verwendeten, dessen Gehalt an kohlensaurem Kalk, wenn dieser aus Ätzkalk stammte, meistens vielleicht ein zufälliger war, daß aber die Verwendung des kalkhaltigen Gipses sie veranlaßt haben mag, oft absichtlich vor dem Brennen dem Gips Kalk zuzusetzen, und daß sie unter Umständen selbst Kalkstein allein brannten. Als Magermittel haben sie zerkleinerten ungebrannten Gips und Kalksteinstücke benutzt, meistens wohl derart, daß sie einfach den Grus ihrer Arbeitsstätte verwendeten, woraus sich auch der geringe und schwankende Betrag an Unlöslichem erklärt.

Über die Zusammensetzung der griechischen Mörtel sind wir gleichfalls durch Analysen unterrichtet, die uns zeigen, daß man hauptsächlich Kalkmörtel verwendete. So waren bereits die Steine der um 400 v. Chr. errichteten Rednertribüne auf der Pnyx, dem Versammlungsplatze des Volkes in Athen, mit einem Kalkmörtel zusammengefügt, dem Sand beigemengt war. Nach der Analyse bestand dieser Kalkmörtel aus:

45,7% gebranntem Kalk
37,0% Kohlensäure
12,0% Sand

und enthielt Beimischungen von Magnesia, Tonerde und Eisenoxyd, die von dem verwendeten Kalk und Sand herrührten. Im Laufe der Zeiten steigt der Sandgehalt des Mörtels immer mehr an (siehe z. B. unten die Vorschriften des Vitruv). Besonders bemerkenswert sind die Untersuchungen Rathgens über Mörtel aus dem alten Pergamon, der somit ein Alter von etwa 1700 Jahren aufweist. Dieser Mörtel zeichnet sich dadurch aus, daß dem Kalk als Magermittel außer den gewöhnlich verwendeten derartigen Stoffen, also Sand und Kies, auch noch Gehäuse von Meeresschnecken, und zwar die einer Murexart zugesetzt waren. Da das Gehäuse der Schnecken gleichfalls aus Kalk besteht, so lag die Frage nahe, ob nicht auch die Grundmasse des Mörtels, der gebrannte Kalk, durch Brennen von Schneckengehäusen gewonnen wurde, oder ob man ihn in gewöhnlicher Weise durch Brennen von Kalkstein erhielt. Da die Schneckengehäuse noch Phosphorsäure enthalten, so konnte nur ein Gehalt des Mörtels an dieser die Annahme der Verwendung von Schneckengehäusen beweisen. Tatsächlich ließ sich ein Gehalt von Phosphorsäure im Mörtel nachweisen, der aber etwas größer war als der der ebenfalls analysierten Schneckengehäuse. Dieses Mehr an Phosphorsäure läßt sich nur dadurch erklären, daß es aus den Leibern lebender Schnecken stammt. Auf Grund der Analysen läßt sich also der Schluß ziehen, daß man zur Beschaffung des Kalks für den pergamenischen Mörtel Schneckengehäuse und darunter auch solche, in denen sich noch lebende oder abgestorbene Tiere befanden, vom Meeresstrand auflas und sie brannte. Dem gebrannten Kalk setzte man als Magerungsmittel dann außer Sand und Kies auch noch Gehäuse von Meeresschnecken zu, die teilweise wiederum Tiere enthielten. Die in diesen Tierleibern enthaltene Phosphorsäure mengte sich dann gleichfalls dem Mörtel bei, so daß dessen Gehalt an Phosphorsäure ein höherer ist als der der Schneckengehäuse, aus denen er hergestellt wurde.

Die römischen Mörtel waren gleichfalls in der Hauptsache Kalkmörtel. Über ihre Herstellung gibt Vitruv (II 5) an, daß man guten Kalk aus weißem Bruchstein oder Geröll brennen solle. Der aus dichtem und härterem Stein gewonnene ist für

Digitized by Google

breit sein; 1 römischer Fuß = 0,29574 m), so setze man oben einen Rand von Ziegeln oder Bruchsteinen auf, der außen mit Lehm verstrichen wird. Man kann ein oder zwei Heizlöcher anbringen. Es handelt sich also um einen jener Öfen, wie sie sich in entlegenen, früher unter römischer Herrschaft gestanden habenden oder diesen benachbarten Gegenden heute noch in gleicher Ausführung finden. Besonders typisch haben sie sich z. B. im Grödener Tal erhalten, wo wir ja außer auf die Sprache auch sonst noch auf viele Überreste altrömischer Kultur stoßen. (Abb. 549—551.)

Das Löschen des Kalks bzw. das Anrühren zu Mörtel geschah in besonderen Gruben mit Hilfe einer Art von Harke (ascia), die der heute gebräuchlichen ähnelte; zum Auftragen bediente man sich der Maurerkelle, deren Form gleichfalls der jetzt benutzten entsprach. (Siehe die Abbildungen Seite 397 und 398.)

Neben dem Kalkmörtel verwandten die Römer aber auch hydraulische Mörtel, d. h. Mörtel, die unter Wasser erhärten. Ihr wichtigster hydraulischer Mörtel war die oben schon (siehe Seite 405) erwähnte Puzzolanerde. Dann kannten sie aber auch den babylonischen Zement, aus der im Westen des Euphrats sich ausbreitenden Ebene, den schon die Babylonier unter Zumischung von Asche zum Bau ihrer Brunnen verwendet hatten. Aber auch an anderen Stellen der Erde wußten ihre Baumeister mit richtigem Blicke Gesteinsarten zu erkennen, aus denen sich hydraulische Mörtel herstellen ließen. Eine solche Gesteinsart fanden sie z. B. in den Trassen der Eifel, des Mosel-, Nette- und Brohltals sowie ferner im Ries bei Nördlingen. Die Eifeltrassen haben beim Bau der unter den Kaisern Trajan (98—117 n. Chr.) und Hadrian (117—138 n. Chr.) erbauten großartigen Wasserleitung Kölns eine wichtige Rolle gespielt, die an der Stelle des jetzigen Kölner Doms endigte und die außer Köln (Colonia Agrippinensis) auch noch verschiedene römische Befestigungen mit Wasser versorgte. Der Mörtel dieses Römerkanals ist von einer geradezu wunderbaren Härte und Festigkeit. Wie Sprengarbeiten zeigten, ist er sogar fester als der natürliche Fels. Seine Festigkeit hat zu allen möglichen Faseleien Veranlassung gegeben, wie z. B. zu der Behauptung, daß die Römer besondere Geheimnisse der Mörtelbereitung besessen hätten, daß sie weißen Zucker(!!) oder Wein oder Kochsalz u. dgl. zugesetzt hätten. In neuerer Zeit sind nun zahlreiche Analysen vom Mörtel des Eifeler Römerkanals (durch das Preußische Materialprüfungsamt, ferner durch Lüttgen, Hambloch, Kiepenheuer usw. usw.) ausgeführt worden. Der Traß wurde durch einfaches Zermahlen der Tuffsteine der Eifel für die Herstellung des Mörtels vorbereitet. An anderen Stellen der langen Leitung, wohin der Transport des Trasses zu weit gewesen wäre, nahm man zur Bereitung des hydraulischen Mörtels einen Kalkmergel, der als wasserbeständige Bestandteile Kieselsäure und Tonerde führt, die mit der Kalkerde eine im Wasser in ähnlicher Weise wie der Traß erhärtende Verbindung eingehen. Der aus dem Kalkmergel, dem sogenannten „Eifeler Wasserkalk" gewonnene hydraulische Mörtel wurde aus 1 Teil dieses Wasserkalks mit 3—4½ Teilen Sandkies zusammengemischt. Die rote Putzschicht besteht aus Eifeler Wasserkalk, zugemischtem Ziegelmehl und Ziegelstücken. Sie wurde in einer Dicke aufgetragen, die zwischen 2 mm und 1 cm schwankt.

Von einer Verwendung des Gipses als Mörtel scheinen die Römer im allgemeinen abgesehen zu haben.

Digitized by Google

Literatur zu den Abschnitten: „Der Städtebau", „Befestigungen", „Städtische Straßen und Plätze", „Die Häuser", „Monumental- und öffentliche Bauten", „Bauarten und Bauausführungen", „Baumaterialien".

Altmann, Palast und Wohnhaus im Altertum. Umschau 1907, S. 844ff.

— Italische Rundbauten. Berlin 1906.

Anderson und Spiers, Architektur in Griechenland und Rom. Leipzig 1905.

Andrä, Ausgrabungen in Assur. Mitt. der deutschen Orientgesellschaft 1905, Nr. 28, S. 51.

Anonymus, Beton bei den Chinesen und im Altertum. Bauwelt 1912, Nr. 3, S. 34.

— Der größte von Menschenhand bearbeitete Stein. Welt der Technik 1913, Nr. 19, S. 373.

— Die Statue eines sumerischen Königs. Welt d. Technik 1905, Nr. 22, S. 434.

— Imprägnieren des Holzes im Altertum. Polytechn. Zentralblatt 1902/03, S. 171.

— Städtebauwesen in römischer Zeit. Welt der Technik 1904, S. 33.

Anthes, Der gegenwärtige Stand der Ringwallforschung. Bericht über die Fortschritte der römisch-germanischen Forschung 1905, S. 26. Frankfurt a. M. 1906.

Archenhold, Über ein Nivellierinstrument und Tunnelbau im Altertum. Welt d. Technik 1904, Nr. 10, S. 173.

Arnold, Das altrömische Theatergebäude. Leipzig 1873.

Bäck, Aus dem Alten Babylon. Das Wissen. 4. Jahrg., Nr. 10 u. 11.

Ballu und Cagnat, Timgad, une cité africaine. Paris 1897.

Banis, Babylonian Excavations by the Germans. Scientific American. 1913, S. 357ff.

— Excavations at Nippur. Scientific American. 1901. S. 133.

Beckmann, Beiträge zur Geschichte der Erfindungen. Leipzig 1783—1805.

Behla, Die vorgeschichtlichen Rundwälle im östlichen Deutschland. Berlin 1888.

Blümner, Römische Privataltertümer. München 1911.

Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Band II. Leipzig 1879.

Borchardt, Die Pyramiden. Berlin 1911.

— Das altägyptische Wohnhaus im 14. Jahrhundert v. Chr. Zeitschrift für Bauwesen 1916. 66. Jahrg. Heft 10, 11, 12. S. 510 bis 558.

Borrmann und Neuwirth, Geschichte der Baukunst. Leipzig 1904. Band I.

Brinkmann, Sitzungsberichte der Altertumsgesellschaft Prussia. 1900. Bd. 21.

Cäsar, De Bello Gallico IV, 16—19.

Castex, Der Nutzen der Masken in den alten Theatern. Referat im Prometheus 1898, S. 319.

Cohausen, Der römische Grenzwall in Deutschland. Wiesbaden 1884.

— Die Befestigungsweisen der Vorzeit und des Mittelalters. Herausg. v. Jähns. Wiesbaden 1898.

— Die Wallburgen, Landwehren und alten Schanzen des Regierungsbezirks Wiesbaden. Nassauische Annalen, XV, 343ff. und XVII, 107ff.

— Ringwälle. Braunschweig 1861.

Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.

Curtius, Adler und Hirschfeld, Die Ausgrabungen zu Olympia. Berlin 1877 bis 1881.

Delitzsch, Babel und Bibel, ein Rückblick und Ausblick, Stuttgart.

— Babel und Bibel. Leipzig.

— Ein Gang durch Babylon. Daheim 1884.

Diels, Antike Türen und Schlösser in „Antike Technik", S. 34ff. Leipzig u. Berlin 1920.

Dörpfeld, Jakobsthal und Schazmann, Bericht über die Arbeiten zu Pergamon. Athen 1908.

— und Reisch, Das griechische Theater. Athen 1896.

Digitized by Google

Dow Covington, Forschungen über die Cheopspyramide von 1902—1911. Referat der Tägl. Rundschau v. 13. Juli 1911.
Durm, Die Baukunst der Griechen. Leipzig 1912.
— Die Baukunst der Etrusker und Römer. Leipzig 1912.
Emerson, The Mining of Herculaneum. Scientific American, 1912, S. 420.
Ewald, Die Cheopspyramide und ihre symbolische Bedeutung. Welt der Technik 1906, S. 269.
Eyth, Der Kampf um die Cheopspyramide. Heidelberg 1902.
Fabricius, Das römische Lager mit besonderer Rücksicht auf die Saalburg. „Die Saalburg". Mitt. d. Vereinigung der Saalburgfreunde. Nr. 22/23, 1910.
— Die Besitznahme Badens durch die Römer. 1905.
Fiechter, Das italienische Atriumhaus. Festschrift für Hugo Blümner. 1914.
Fink, Der Verschluß bei den Griechen und Römern. Regensburg 1890.
Forchhammer, Über die kyklopischen Mauern Griechenlands und die schleswig-holsteinischen Felsmauern. Kiel 1842.
Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888 bis 1890.
Fuchs, Römische Granitarbeiten im Odenwald. Das Wissen 1913, Heft 7, S. 73ff.
Führer durch die Skulpturen- und Antikensammlung des Museum Wallraf-Richartz der Stadt Köln. Köln 1911.
Führer, Kurzer, durch das Provinzialmuseum in Trier. Trier 1911.
Gell, Probestücke von Stadtmauern des alten Griechenlands. München 1831.
Gesell, Les Monuments antiques de l'Algérie. Paris 1901.
Giesenhagen, Die Kieselgur. Bayerisches Industrie- und Gewerbeblatt 1910, Nr. 19.
Göttling, Das Tor von Mykenä. Rheinisches Museum 1842, S. 161ff.
Goudias, Lenormant et Babelon, Histoire ancienne de l'Orient jusqu'aux guerres médiques. Paris.
Gutscher, Vor- und frühgeschichtliche Beziehungen Istriens und Dalmatiens zu Italien und Griechenland. Graz 1903.
Hennig, Die angebliche Kenntnis des Blitzableiters vor Franklin. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Band II, S. 97ff.
Herodot, Geschichten. I, 180—182; II, 37, 47, 124—127 usw.
Herzog, Vorläufiger Bericht über die koische Expedition im Jahre 1904. Archäologischer Anzeiger, Bericht zum Jahrbuch des kaiserlich deutschen archäologischen Instituts 1905, S. 1ff.
Heß, Ein russisches Pompeji. Universum 1910, 27. Jahrg., S. 89ff.
Hesse-Wartegg, Benares. Monatshefte von Velhagen und Klasing. Jahrg. 1905.
Hettner, Zu den römischen Altertümern von Trier und Umgebung. Westd. Zeitschr. 1891, 10. Jahrg., S. 53ff.
Heyne, Das deutsche Wohnungswesen von den ältesten Zeiten bis zum 16. Jahrhundert. Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften. Bd. I S. 364.
Hirschfeld, Die Entwicklung des Städtebaus. Zeitschr. der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1890.
Holzinger, Die altchristliche und byzantinische Baukunst. Leipzig 1912.
Hoops, Reallexikon der germanischen Altertumskunde (Ringwall am Altkönig) Bd. I. Straßburg 1911.
Hueisen, Die Thermen des Agrippa, ein Beitrag zur Topographie des Marsfeldes in Rom. Rom 1910.
Hülsen, Ägyptische Baukunst zur Zeit Mosis. Vortrag, gehalten im Verein für jüdische Geschichte und Literatur zu Frankfurt a. M., November 1912.
— Neue Ausgrabungen in Rom. Vossische Zeitung 1916, Nr. 54.
Jacer, Mörtelbereitung bei den Römern. Tonindustrie-Zeitung 1916, S. 298.
— Römische Werkzeuge der Mörteltechnik. Tonindustrie-Zeitung 1916, S. 328.
Jaeck, Industrie und Gewerbe im Altertum. Prometheus 1898, S. 434ff.
Jacobi, Das Römerkastell Saalburg. Homburg 1897.
— Führer durch das Römerkastell Saalburg. Homburg 1908.
Jahn, Römisches Handwerkszeug. Abhandl. d. phil.-hist. Klasse der sächs. Gesellschaft d. Wissenschaften 1868, S. 275.
Jeep, Der Asphalt und seine Anwendung in der Technik. Leipzig 1899.
Jordan, Topographie Roms.
Joseph, Die Paläste des homerischen Epos. Berlin 1895.
Kiepenheuer, Der Eifeler Römerkanal, insbesondere die Zusammensetzung seines Mörtels. Baumaterialien-Markt 1910. Nr. 25.
— Vom Eifeler Römerkanal und seinem Mörtel. Umschau 1911, Heft 31, S. 645.
Kiepert, Neue Aufnahmen d. Engländer in Assyrien. Zeitschr. f. allg. Erdkunde 1856.
Kluge, Die ältesten Baupolizeigesetze der Welt. Welt der Technik 1908, S. 408.

Digitized by Google

Kluge, Die Pyramiden, ihre Entstehung und ihr Bau. Welt der Technik 1914, S. 61.
Koldewey, Ausgrabungen zu Sendschirli. Berlin 1893.
— Das wiedererstandene Babylon. Leipzig 1913.
Krause, Deinokrates oder Hütte, Haus und Palast, Dorf, Stadt und Residenz der alten Welt. Jena 1863.
Krüger, Der Arenakeller des Amphitheaters zu Trier. Röm.-germ. Korrespondenzblatt, Jahrg. II, 1909, S. 81.
— Die Trierer Römerbauten. Trier 1909.
Lange, Das antike griechisch-römische Wohnhaus. Leipzig 1872.
— Haus und Halle. Leipzig 1885.
Layard, Nineve und Babylon (übersetzt von Zenker). Leipzig 1855.
— The Monuments of Ninive. London 1849 u. 1853.
Lehmann-Haupt, Armenien einst und jetzt. Berlin 1910.
— Die historische Semiramis und ihre Zeit. Tübingen 1910.
Leroux, Les origines de l'édifice hypostyle. Paris 1913.
Lesch, Römische Kalköfen. Tonindustrie-Zeitung 1916, S. 274.
Letavouilly, Les Édifices de Rome moderne. Paris 1860.
Lewin-Dorsch, Die Technik in der Urzeit. Der Wohnungsbau. Stuttgart 1912.
Loskay, Die astronomischen Beziehungen der Cheopspyramide. Budapest 1904.
Luckhard, Das Privathaus im ptolemäischen und römischen Ägypten. Gießen 1914.
Mansch, Das Mysterium der Cheopspyramide. Welt der Technik 1907, S. 472.
— Die Cheopspyramide und ihre symbolische Bedeutung. Welt der Technik 1906, S. 188.
— Gab es schon vor Franklin Blitzableiter? Die Welt der Technik 1911, S. 437.
Marquart-Mau, Das Privatleben der Römer. Leipzig 1886.
Mayer, Bilder aus alter Holzbaukunst. Das Wissen 1914, Nr. 16, S. 237f.
— Schloß und Schlüssel im Wandel der Zeiten. Das Wissen 1913, S. 193.
Mazois, Le Palais de Scaurus. Paris 1869.
Merckel, Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin 1899.
Mörtel vom Palast des Diokletian in Spalato. Tonindustrie-Zeitung 1914, S. 995.
Müller, Das attische Bühnenwesen. Gütersloh 1902.
Näher, Der goldene Schnitt und die Geheimnisse der Cheopspyramide. Köln a. Rh. 1907.
Néroutsos-Bey, L'ancienne Alexandrie. Paris 1888.
Neuburger, Das Geheimnis des Sphinx von Gizeh. Reclams Universum 1914, 30. Jahrg., Heft 18.
— Aus der Technik des alten Rom. Technisches Magazin. 1908. Heft 2.
— Die ältesten Blitzableiter. Prometheus 1892.
— Die Römerschanze. Zu den Ausgrabungen in Nedlitz. Berliner Morgenpost, 22. Oktober 1911.
Neumann, Verwendung leichter Ziegel im Altertum. Zeitschrift für angewandte Chemie. 1916. Heft 16, S. 97.
Niederstädt, Die altrömischen afrikanischen Städte. Vortrag, gehalten im Berliner Architektenverein, Dezember 1910.
Nielsen, Straßenhygiene im Altertum. Archiv für Hygiene 1902, Heft 2, S. 85ff.
Niemann und Petersen, Die Städte Pamphiliens und Pisidiens. Wien 1892.
Nissen, Pompejanische Studien zur Städtekunde des Altertums. Leipzig 1877.
N. N., Blitzableiter im Altertum. Berliner Tageblatt am 25. August 1904.
Noack, Die Baukunst des Altertums. Berlin.
Ofele, Der älteste Stadtplan der Welt. Mitt. zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1903, S. 265.
Opitz, Das Theaterwesen der Griechen und Römer. Leipzig 1889.
Oppermann, Atlas vorgeschichtlicher Befestigungen in Niedersachsen. Hannover 1888—90, fortgesetzt von Schuchhardt.
Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern u. Kunstwerken. Leipzig 1884.
Palladio, Le terme dei Romani, giusta l'esemplare del Lord conte di Burlington impresso in Londra l'anno 1752. Vicenza 1797.
Pastor, Altgermanische Monumentalkunst. Leipzig 1910.
Pect, The Stone and bronze ages in Italy and Sizily. Oxford 1909.
Perrot und Chipiez, Geschichte der antiken Kunst, übers. von Pietschmann. Leipzig 1882—1883.
Peuker, v., Das deutsche Kriegswesen der Urzeiten. Berlin 1860—64.
Pfretzschner, Die Grundrißentwicklung der römischen Thermen. Erlangen 1908.
Pfuhl, Vorgeschichte und griechische Haustypen. Festschrift für Hugo Blümner 1914.
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Chemnitz 1896.
Prestel, Die Baugeschichte des jüdischen Heiligtums und der Tempel Salomons. Stuttgart 1902.
— Die Kalk- und Mörtelbereitung im alten Rom. Die Bauwelt 1917, Heft 23, S. 3.

Digitized by Google

Puchstein, Die griechische Bühne. Berlin 1900.
Quilling, Die Ausgrabungen für das historische Museum zu Frankfurt a. M. auf dem christlichen Heddernheimer Friedhofe im Winter 1891—92 und Sommer 1892. Mitt. über römische Funde in Heddernheim, Heft I, S. 1ff. Frankfurt a. M. 1894.
— Die Saalburg. Frankfurter Nachrichten, 8. u. 10. Juni 1913.
Rathgen, Über einige antike Mörtel. Tonindustrie-Zeitung 1911, Nr. 46.
— Über Ton und Glas in alter und uralter Zeit. Vortrag, geh. auf der Hauptversammlung des deutschen Vereins für Ton-, Zement- und Kalkindustrie. Februar 1913. Referat, Chemiker-Zeitung 1913.
— Magnesit als Fußbodenbelag. Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften. Bd. 6, S. 352.
Ravoth, Die Verwertung der Baustoffe durch den Menschen. In Krämer, Der Mensch und die Erde, Band VI, S. 1ff.
Reber, Des Vitruvius Zehn Bücher über die Architektur. Stuttgart 1865.
— Geschichte der Baukunst im Altertum. Leipzig 1866.
Röder, Aus dem Leben vornehmer Ägypter. Leipzig 1912.
Rohland, Aus der Geschichte der Mörtelmaterialien. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Band II, S. 91ff.
— Aus der Geschichte des Eisenbetons. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Band III, S. 423ff.
— Erhärtungsvorgänge. Aus der Natur 1912, Heft 7, S. 197ff.
Rosenzweig, Das Wohnhaus in der Misnah. Berlin 1907.
Schleyer, Bäder und Badeanstalten. Leipzig 1909.
Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner. Leipzig 1881.
— Mykenä. Bericht über meine Forschungen und Entdeckungen in Mykenä und Tiryns. Leipzig 1878.
— Tiryns. Der prähistorische Palast der Könige von Tiryns. Leipzig 1886.
Schmidt, Aus der antiken Mechanik. Neue Jahrbücher für das klassische Altertum 1904, S. 329—351.
— Die Jagdvilla zu Fließem. Trier 1843.
— Heronis Alexandrini Opera Quae supersunt Omnia. Leipzig 1899.
Schönborn, Die Skene der Hellenen. Leipzig 1858.
Schoy, Der Gnomon „Aus der Natur". Zeitschrift für den naturwissenschaftlichen und erdkundlichen Unterricht. Jahrg. 14. Leipzig 1918. Seite 279ff.
Schreiber und Sieglin, Die Nekropole von Kôm-esch-Schukâfa. Leipzig 1908.
Schubart, Ein Jahrtausend am Nil. Berlin 1912.
Schulz, Das germanische Haus in der vorgeschichtlichen Zeit. Würzburg 1914.
Schulze, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland. Gütersloh 1906.
Schuster, Die alten Heidenschanzen Deutschlands. Österr. Militär-Zeitschr. IX, S. 145ff.
Schütte, Städtebau im Altertum. Vortrag gehalten im Berliner Architektenverein im Februar 1911.
Söllner, Die hygienischen Anschauungen des römischen Architekten Vitruvius. Jenaer Medizinisch-historische Beiträge 1913, Heft 4.
St . ., Una Visita al Teatro Romano di Verona. Verona.
Staatsmann, Die Maße der Cheopspyramide. Welt der Technik 1911, S. 128.
Stadelmann, Die Elektrotechnik in der Bibel. Elektrotechnischer Anzeiger 1909, Nr. 59, S. 656.
Steindorff, Die Blütezeit des Pharaonenreiches. Bielefeld 1900.
Stephani, Der älteste deutsche Wohnbau und seine Einrichtung. Leipzig 1902.
Strack, Das altgriechische Theatergebäude. Potsdam 1834.
Stübben, Der Bau der Städte in Geschichte und Gegenwart. Berlin 1895.
— Die Stadt in der Wüste. Tägliche Rundschau. Beilage vom 9., 10. u. 11. Oktober 1911.
Tacitus, Annalen XV, 43.
— Germania Kap. 16.
Tubeuf, Maßregeln gegen Hausschwamm im Alten Testament. Naturwissenschaftliche Zeitschr. für Land- und Forstwirtschaft 1903, Heft 4, S. 168.
Untersuchungen mit altem Mörtel von der Insel Thera. Mitt. des königl. Materialprüfungsamtes zu Groß-Lichterfelde 1905.
Urbanitzky, Elektrizität und Magnetismus im Altertum. Wien 1887.
Wagner, Fundstätten und Funde aus vorgeschichtlicher, römischer und alemannisch-fränkischer Zeit im Großherzogtum Baden. Tübingen 1911.
Wiegand und Schrader, Priene. Berlin 1903.
Wieseler, Theatergebäude und Denkmäler des Bühnenwesens bei den Griechen und Römern. Göttingen 1851.

Digitized by Google

Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.
Wilmowski, Das römische Bad zu Wasserliesch. Jahresbericht der Gesellschaft für nützliche Forschungen. Trier 1858.
Winnefeld, Die Villa des Hadrian bei Tivoli. Jahrb. d. kaiserl. deutsch. archäol. Instituts. Ergänzungsheft III. Berlin 1895.
Wolff, Bericht über die Arbeiten der Ausgrabungskommission in den Jahren 1903 bis 1906. Mitt. über römische Funde in Heddernheim. Heft IV, S. 58. Frankfurt a. M. 1907.
— Römische Villa in Praunheim (bei Heddernheim). Mitt. üb. römische Funde in Heddernheim. Heft IV. Frankfurt a. M. 1907.
Wood, The ruins of Palmyra, otherwise Tedmor in the desert. London 1753.
Woyte, Antike Quellen zur Geschichte der Germanen. Leipzig 1913.
Wüstemann und Ernst, Palast des Scaurus oder Beschreibung eines römischen Stadthauses. Gotha und Erfurt 1820.
Zetzsche, Technik und Kunst. Welt der Technik 1904, S. 105ff.
Zschiesche, Die vorgeschichtlichen Burgen und Wälle im Thüringer Zentralbecken. Halle 1889.
Zumpt, Über die bauliche Einrichtung des römischen Wohnhauses. Berlin 1852.

Digitized by Google

Die Wasserversorgung.

Wie das Tier, so hat auch der Mensch einst dem Wasser nachgespürt: er mußte danach suchen, wenn er trinken wollte. Flußläufe, Seen und Quellen boten ihm hierzu Gelegenheit. Sie alle haben aber die Eigenschaft, unter Umständen zu versiegen. In diesem Falle tritt dann die primitivste Technik der Wasserversorgung auf: das Scharren nach dem versickerten köstlichen Naß. Haberlandt hat nachgewiesen, daß das Aufscharren des Sandes ein noch heute von den primitivsten Völkern Australiens geübtes Verfahren zur künstlichen Erreichung von Wasser darstellt. Aus der Weiterbildung dieser Wasserscharrlöcher („soakages") im Untergrund ausgetrockneter Flußbetten sind dann die Brunnenlöcher im Sand oder weichen Gestein entstanden. Bei besonders wasserarmem Boden findet sich nach den Haberlandtschen Untersuchungen in Australien ein weiterer technischer Fortschritt: der Saugbrunnen, der hier allerdings in einer noch sehr einfachen Form auftritt: man stößt einen Speer tief in den Boden, steckt einen Büschel trockenen Grases, das dazu dient, die groben Verunreinigungen zurückzuhalten, in das Loch und führt mitten durch dieses einen Rohrhalm ein, durch den das Wasser aufgesogen wird. Da Haberlandt ähnliche Einrichtungen auch bei den Hottentotten und Buschmännern Südafrikas sowie bei den Feuerländern nachweist, und da nach einer allgemein anerkannten Theorie die Entwicklungsstufen der Menschheit in ihren Uranfängen denen der jetzigen primitiven Völker gleichen, so können wir auch in bezug auf die Technik der Wasserversorgung annehmen, daß man vom Scharrloche zum Brunnen und von da aus zum Saugbrunnen gelangt ist.

Wasserversorgung im Orient.

In dem Maße, wie der Mensch seßhaft wurde, konnte diese Art der Wasserversorgung nicht mehr genügen. Man erkennt die Wichtigkeit des Wassers und sucht es den Ansiedlungen, soweit sie nicht an genügend großen natürlichen Wasserläufen liegen, durch besondere Einrichtungen zuzuführen. Es entstehen die ersten Wasserleitungen, die in einem künstlich hergestellten Graben von größerer oder geringerer Neigung bestanden, der oben zunächst noch unbedeckt war und das Wasser der Ansiedlung zuleitete. Jeder, der Wasser brauchte, schöpfte einfach daraus. Um das Schöpfen zu erleichtern, brachte man an der Wasserrinne besondere Schöpfbecken an. Eine solche aus einer Rinne mit Schöpfbecken bestehende antike Wasserleitung entdeckte Layard bei seinen Forschungen über das alte Assyrien: Sie befindet sich in einer Schlucht zu Bavian. Layard schreibt darüber: „Höher hinauf in der Schlucht ließ ich ebenfalls den Boden wegräumen und fand eine Reihe in den Felsen gehauener Wasserbecken, die stufenweise in den Fluß hinabführten. Das Wasser war ursprünglich

Digitized by Google

gedichtet. Besonders bemerkenswert an dieser Wasserleitung ist der Umstand, daß sie an einer Stelle senkrecht in die Höhe geht, um dann wieder herabzusteigen. Man muß also bereits damals, als sie hergestellt wurde (wahrscheinlich im 6. oder 5. Jahrhundert), auch im heutigen Kurdistan gewußt haben, daß der Druck des Wassers imstande ist, Höhenunterschiede zu überwinden. Neben Wasserleitungen gibt es in Mesopotamien aber auch Brunnen von oft beträchtlicher Tiefe, die jedoch in technischer Hinsicht nichts Bemerkenswertes darbieten. Man schöpfte das Wasser aus ihnen mit Eimern unter Verwendung von Seil und Rolle. (Merckel.)

Weitgehendes Interesse bieten die eine hochentwickelte Technik zeigenden Wasserversorgungsanlagen der Juden dar, unter ihnen vor allem die des Königs Salomo (1018—978 v. Chr.), die jetzt zum Teil wieder hergestellt ist und, wie einst, einen Teil Jerusalems mit Wasser versorgt. Die großen Teiche, die König Salomo in den Hügeln Judas anlegen ließ, gehören zu den größten technischen Leistungen des Altertums überhaupt und setzen eine bestimmte Kenntnis von der Theorie des Wasserdrucks voraus. Sie dienen, ebenso wie die obenerwähnte altbabylonische Leitung, einem doppelten Zweck: dem der Wasserversorgung sowohl wie dem der Bewässerung. Es geht dies aus der Bibel hervor, wo es (Prediger II 6) heißt: „Ich machte mir Teiche, daraus zu wässern den Wald der grünenden Bäume". Das Quellgebiet der Salomonischen Wasserleitung liegt südwestlich von Jerusalem und etwas höher als diese Stadt. Das hier gefaßte Wasser wurde drei übereinanderliegenden großen künstlichen Teichen zugeführt, die in einer Talsenkung angelegt waren. Der oberste hat rechteckige, nahezu quadratische Form. Der mittlere zeigt die Gestalt eines langgestreckten Trapezes, der untere, durch eine Quermauer in zwei Hälften geteilte, die eines länglichen Rechtecks. Die Teiche sind große, im Verhältnis zu ihrer zwischen 120—160 m betragenden Länge ziemlich flache Bassins, deren Tiefe aber immerhin noch zwischen 8 und 19 m schwankt. Das Wasser stammt teils aus dem eben erwähnten Quellgebiet, teils kommt es aus den an den Teichen selbst befindlichen vier Quellen, die sämtlich gefaßt waren. Zunächst scheinen nur die Quellen zur Wasserversorgung Jerusalems gedient zu haben, deren Wasser in den Teichen aufgespeichert wurde, aus denen man es nach Bedarf abließ. Als dann die Wassermenge nicht mehr zureichte, ging man weiter und führte den Teichen auch das aus dem südwestlich von Jerusalem liegenden Quellgebiet kommende Wasser zu. An der Seite des oberen Teiches steht ein „Wasserschloß" oder „Wasserkastell", d. h. ein zum Sammeln des Wassers dienender überbauter Behälter. Das darin befindliche Bassin wird von einer Quelle, der Kastellquelle, gespeist. Man kann es von hier aus entweder direkt in die nach der Stadt führende Wasserleitung ablassen oder den oberen Teich damit füllen. Zwischen diesem Teich und dem Kastell steht ein Bauwerk, das zur Regulierung des Wasserzuflusses diente. Hier sammelt sich das Wasser einer zweiten Quelle, das durch einen unterirdischen Kanal zugeleitet wird. Auch dies Wasser kann entweder direkt in die Leitung oder nach dem oberen Teich abgelassen werden. Von der eben erwähnten Quelle (Ain-es-Salih) fließt aber eine Ableitung nach dem unteren Teiche, der von einer unter ihm gelegenen Quelle (Ain-Farudsche) gespeist wird. Das von Ain-es-Salih kommende Wasser nebst dem von Ain-Farudsche und endlich dem einer dritten Quelle (Ain-Atan) fließen zunächst in ein Bassin, das in den starken Damm eingebaut ist, der den unteren Teich abschließt. Von hier aus führte dann die „untere Wasserleitung" nach Jerusalem, Bethlehem und dem alten Herodium, die also sämtlich von den Teichen aus versorgt wurden. (Abb. 553 bis 565 S. 418 u. 419.)

Digitized by Google

derartiger Zisternen, die oft vier Stockwerke hatten. Von hier floß das Wasser nach den Brunnen, aus denen man es schöpfte. Brauchte man zu anderen Zeiten, wo der Nil tief stand, Wasser, so mußte man es künstlich heben, was mit Hilfe der Sakieh geschah und auch heute noch geschieht. Die auch von Vitruv (X 4) beschriebene Sakieh besteht aus einem senkrechten Rad, über das Palmstricke laufen, an denen Schöpfgefäße angebracht sind. Dreht man das Rad, so tauchen diese Schöpfgefäße auf der einen Seite leer in das Wasser hinab, auf der anderen steigen sie gefüllt empor. Ihr Inhalt entleert sich dann jenseits des höchsten Punktes in eine Abflußrinne. Das Drehen des Rades wird durch ein Göpelwerk (siehe in Abschnitt „Technische Mechanik und Maschinen") besorgt, das durch einen Ochsen oder ein Kamel in Bewegung gesetzt wird, die Tag und Nacht im Kreise herumgehen. (Abb. 571 S. 423.) Diese Schöpf- und Hebevorrichtung stand schon im Altertum im Gebrauch und hat sich unverändert bis auf den heutigen Tag erhalten, wo sie allerdings nur noch für Bewässerungszwecke dient, da man die Wasserförderung für Wasserleitungen mit Hilfe von Dampfpumpen bewerkstelligt.

(Über eine andere Wasserhebevorrichtung der Ägypter, den „Schaduff", siehe Seite 207.)

Die Wasserversorgung bei den Griechen.

Die Griechen waren es, die von allen Völkern des Altertums den Wert einer guten Wasserversorgung und vor allem den einer zentralen Versorgungsanlage, die einem ganzen Gemeinwesen zugute kam, am frühesten und in weitestem Umfange erkannt zu haben scheinen. Schon auf den ältesten Stätten ihrer Kultur, wie z. B. in Mykenä, findet man Spuren von alten Wasserleitungen. In allen Städten befinden sich zahlreiche Brunnen, die oft eine geschmackvolle, künstlerische Ausführung zeigen, und die durch die Sorgfalt, mit der man sie herstellte, beweisen, welchen Kult man im alten Griechenland mit dem Wasser trieb. Man hatte auch den hygienischen Wert des Wassers richtig erkannt, und Aristoteles weist auf die große gesundheitliche Bedeutung einer guten Versorgung mit reinem Trinkwasser hin. Aus alten Zeiten her hatte sich das Gefühl, daß ein zum Trinken bestimmtes Wasser durch nichts verunreinigt sein und daher nicht für andere Zwecke gebraucht werden dürfe, erhalten; die besondere Verehrung, die man den Quellen schon im allgemeinen bezeigte, bekam nach dieser Seite hin dadurch noch ihren besonderen Ausdruck, daß das Reinigen von Gewändern in ihnen als ein schwerer Frevel betrachtet wurde. Die Brunnen wurden besonders überwacht, und eigene Gesetze regelten ihren Gebrauch.

Ehe man zur zentralen Wasserversorgung, also zur Anlage von Leitungen überging, die ganzen Städten und Gemeinden das Wasser zuführten, war wohl die Einzelversorgung der verschiedenen Anwesen allgemein üblich. Sie ließ sich jedoch deshalb nicht überall durchführen, weil man nicht auf jedem Grundstücke Wasser fand. Für alle jene, die trotz Grabens bis zu einer bestimmten Stufe nicht auf Wasser gestoßen waren, wurde dann die Benutzung der öffentlichen Brunnen durch ein im 6. Jahrhundert v. Chr. von Solon gegebenes Gesetz gestattet. Diese Brunnen waren zunächst entweder gegrabene Brunnen oder Zisternen oder aber gefaßte Quellen.

Digitized by Google

Bei vielen finden wir schon frühzeitig darüber aufgeführte Brunnenhäuser, die den Zweck hatten, das Hineinfallen von Staub, Schmutz usw. in das Wasser zu verhüten. Besondere technische Merkmale weisen diese in ihren Grundzügen so primitiven Anlagen nicht auf.

Die älteste bekannte Wasserleitung Griechenlands ist die oben bereits erwähnte von Mykenä. Sie zeigt uns in ihrer ganzen Anlage, daß man es damals in Griechenland noch nicht verstand, den Druck des Wassers auszunützen. Die Leitung soll die Burg von Mykenä mit Wasser versorgen. Sie soll aber auch gleichzeitig dem Feinde verborgen bleiben, der ja überhaupt bei vielen derartigen Anlagen des Altertums insofern bestimmend auf die Ausgestaltung einwirkt, als man sich stets bemüht, ihm die Möglichkeit zu nehmen, das Wasser abzuschneiden oder zu vergiften. Darum sind viele alte Wasserleitungen unterirdisch geführt. Auch die von Mykenä läuft außerhalb der Mauer unterirdisch dahin und führt das Wasser einer Quelle in den Brunnen, der von der Burg aus durch einen gleichfalls unterirdischen Gang erreichbar ist. Zur Burg selbst versteht man das Wasser noch nicht hinanzuführen. Besonders berühmt war im Altertum die Wasserleitung von Samos, die wohl zur Zeit des Polykrates (535—522 v. Chr.) von Eupalinos von Megara errichtet wurde und sich dadurch auszeichnete, daß das Wasser unterhalb der Sohle eines durch einen Berg hindurchgetriebenen Tunnels von etwa 1 km Länge hindurchfloß. Von hier aus führten es Röhren der Stadt zu. Man hat nun neuerdings diese alte Anlage genauer durchforscht, wobei sich gezeigt hat, wie äußerst zweckmäßig man bei der Ausführung vorgegangen ist. Zwischen den antiken und den jetzigen Wasserleitungen besteht ein grundlegender Unterschied in bezug auf die Verteilung des Wassers. Jetzt legt man einen Hauptbehälter an, von dem das Wasser durch einen Hauptrohrstrang der Stadt zugeleitet wird. Vom Hauptrohrstrange zweigen sich dann die Leitungen für die einzelnen Straßen und von diesen wieder die für die einzelnen Häuser ab. Bei den antiken Wasserleitungen gab es zwar auch Hauptbehälter, aber keinen Hauptrohrstrang. Das Wasser floß vielmehr von der Sammelstelle, dem „Wasserschloß" (siehe unten, bei den Wasserleitungen der Römer), in einzelnen, gewissermaßen strahlenförmig von ihr ausgehenden Leitungen den verschiedenen Stadtteilen zu. Am Ende jeder dieser Leitungen befand sich in der Regel wiederum je ein Behälter, von dem aus es abermals in strahlenförmig ausgehenden Leitungen den Entnahmestellen, also den Brunnen usw. zugeleitet wurde. Wollte man daher in Samos sowie auch in anderen Städten eine Wasserleitung anlegen, so mußte man als Knotenpunkt des Verteilungsnetzes eine Stelle wählen, von der aus sich die Leitungen bequem nach den einzelnen Stadtteilen verzweigen ließen. Eine solche Stelle lag in der Höhe der Südseite eines die Stadt begrenzenden Berges. Durch sie war der Südpunkt des Tunnels gegeben. Als Nordpunkt wählte man eine andere Stelle, die es ermöglichte, die beim Tunnelbau geförderten Unmengen von Schutt bequem zu beseitigen. Eine solche fand man an einem Steinhang, über den man den Schutt und die Gesteinsbrocken leicht hinunterwerfen konnte. Damit waren die beiden Richtpunkte für den Tunnel festgesetzt. Nun handelte es sich darum, diesen derart mit der Quelle zu verbinden, daß ein die Stadt bedrohender Feind nichts von dem Vorhandensein der Leitung merkte. Man führte die Leitung deshalb unterirdisch aus und ging mit ihr sogar unter dem Bett eines Baches hindurch. Diese Leitung ist gekrümmt und hat eine Länge von 835 m. Sie beginnt an der Quelle an einem Behälter, in dem das Quellwasser gesammelt wurde. Der Behälter ist durch ein Gebäude mit

Digitized by Google

fällt also gegen den Tunnel um etwa 6 m. Dies dürfte wohl daher rühren, daß man die Höhenlage der gewählten Endpunkte des Tunnels nicht genau genug festzustellen verstand. Als dann der Tunnel fertig war, hatte er zu wenig Gefälle. Man legte daher an seiner Sohle den Graben mit stärkerem Gefälle an, der dann als eigentliche Wasserleitung diente. Herodot gibt von dieser im Altertum so berühmten Wasserleitung von Samos folgende Beschreibung (III 60): „Ich habe mich bei den Samiern etwas länger verweilt, weil sie drei Werke gemacht, die größten in ganz Hellas. Erstlich durch einen Berg, der ist hundertfünfzig Klafter hoch, durch den haben sie unten am Fuß einen Graben durchgemacht mit zwei Mündungen. Die Länge dieses Grabens beträgt sieben Stadien, die Höhe und Breite über acht Fuß (über das Stadion siehe Seite 506). In diesem Graben ist der ganzen Länge nach ein anderer Graben gemacht, zwanzig Ellen tief und drei Fuß breit; durch diesen wird das Wasser aus einem großen Born in Röhren geleitet, die führen es in die Stadt. Der Baumeister des Grabens war Eupalinos, des Naustrophos Sohn von Megara."

Noch bemerkenswerter als die Wasserleitung von Samos ist die wohl etwa 200 v. Chr. hergestellte Leitung von Pergamon, stellt sie doch eine Druckwasserleitung dar, während es sich bei der von Samos nur um eine einfache Gefällswasserleitung handelt, so daß also hier schwierige technische Aufgaben zu lösen waren. Wie Gräber mit Recht bemerkt,

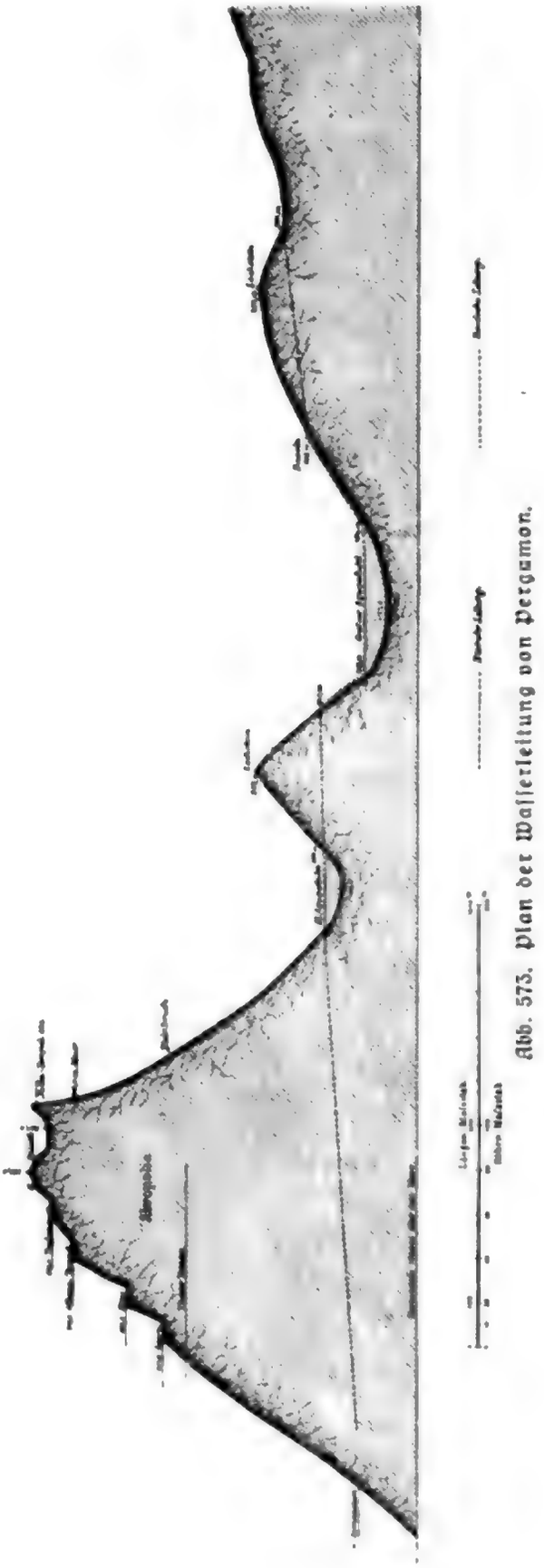


Abb. 573. Plan der Wasserleitung von Pergamon.

Digitized by Google

halb 78, im ganzen also 90 aus verschiedenen Perioden ausgegraben. Die älteren dieser Brunnen waren mit Holz verschalt (Abb. 579), später ersetzte man die Verschalung durch Mauerwerk, das man bis ungefähr zur Brusthöhe aufmauerte (Abb. 578 und 580). Die Brunnen waren wohl meist durch ein darüber angebrachtes auf Holzpfosten ruhendes Dach, an dem auch die Rolle zum Schöpfeimer angebracht war, vor Verschmutzung geschützt. Vielleicht war auch der Brunnenschacht oben noch einmal besonders mit einem Deckel bedeckt. Außerdem hatte man außerhalb des Kastells noch verschiedene Quellen gefaßt, deren Wasser durch Holzrohre nach den in der Umgebung gelegenen Schöpf- und Verbrauchsstellen geleitet wird. Die Holzrohre wurden mittels langer Röhrenbohrer hergestellt und durch Metallringe miteinander verbunden. In verschiedenen Römerkastellen Deutschlands (Wiesbaden, Hofheim, Heddernheim, Saalburg) fand man eiserne Reifen von 10 cm Durchmesser mit einer Rippe in der Mitte, sogenannte „Büchsen", wie sie zur Verbindung hölzerner Wasserleitungsröhren an den Fugen heute noch gebraucht werden.

Die Anlage von Brunnen stieß manchmal deshalb auf Schwierigkeiten, weil man nicht überall, wo man es brauchte, auch Wasser fand. Vitruv gibt deshalb (VIII 1) für das Auffinden von Wasser folgende Regeln:

„Man lege sich, noch ehe die Sonne aufgegangen ist, in der Gegend, in welcher man Wasser sucht, das Gesicht gegen die Erde gewendet, auf den Boden, und indem man das Kinn auf die Erde setzt und fest stützt, sehe man über jene Fläche hin. So wird nämlich, wenn das Kinn unbeweglich steht, das Auge nicht unstät höher streben, als es soll, sondern wird in sicherer Einschränkung die Niveauhöhe über die Gegend hin halten. An der Stelle nun, an welcher man Dünste sich kräuselnd in die Luft erheben sieht, da schlage man einen Schacht hinab: denn an einem trockenen Orte kann sich dies Anzeichen nicht finden ...

Kennzeichen der Stelle aber, an welchen Bodenarten Wasser zum Vorscheine kommt und gefunden werden kann, sind: zarte Binsen, wilde Weiden, Erlen, Keuschlamm, Schilf, Efeu und andere Gewächse der Art, welche ohne Feuchtigkeit nicht gedeihen können. Es pflegen aber dergleichen auch in Bodensenkungen zu wachsen, welche, tiefer als das übrige Gefilde liegend, die Feuchtigkeit von den Regengüssen aufnehmen und den Äckern den Winter über und noch länger infolge ihrer muldenförmigen Beschaffenheit bewahren; diesen aber ist nicht zu trauen, sondern an andern Gegenden und Landstrichen, nur nicht an Bodensenkungen, wo jene Anzeichen ungesät, vielmehr durch den Trieb der Natur selbst von freien Stücken wachsen, da muß man nach Wasser forschen.

Wenn aber an diesen Plätzen keine Dinge der Art den Fundort zeigen, so hat man folgende Versuche anzustellen. Man grabe ein Loch, das nach jeder Richtung fünf Fuß mißt, und setze in dasselbe um Sonnenuntergang einen bronzenen oder bleiernen Becher oder ein solches Becken, was von beiden eben zur Hand ist, streiche es aber vorher von innen mit Öl aus und stelle es umgestürzt hinein, bedecke dann die Oberfläche der Grube mit Schilfrohr und schütte dies mit Erde zu; öffnet man dann am folgenden Tage die Grube wieder, so wird der Boden, wenn das Gefäß angelaufen ist und Tropfen enthält, Wasser bergen. Ebenso kann man den Versuch mit einem irdenen noch ungebrannten Geschirre machen. Ist nämlich das Gefäß auf dieselbe Weise in die Grube gestellt und bedeckt, so wird es, wenn der Ort Wasser enthält, nachdem man es wieder aufgedeckt hat, feucht sein und wohl auch durch die Einwirkung der Feuchtigkeit zerfallen. Und wenn man einen Büschel Wolle in jene Grube gelegt hat, am folgenden Tage aber Wasser herauszupressen ist, so zeigt

Digitized by Google

dies an, daß jener Ort Vorrat an Wasser enthalte. Nicht minder kann man den Versuch mit einer Lampe machen. Hat man diese, gehörig zugerichtet, mit Öl gefüllt und angezündet, an jenen Ort gestellt und bedeckt, und ist sie am folgenden Tage, wenngleich sie noch Öl und Docht übrig hat, erloschen und wird selbst feucht gefunden, so wird sie anzeigen, daß jener Ort Wasser enthalte, und zwar deshalb, weil alle Wärme die Feuchtigkeit an sich zieht. Wenn man ferner an jener Stelle Feuer anmacht und die erwärmte und angebrannte Erde einen nebelartigen Dunst von sich gibt, so wird jene Stelle Wasser enthalten."

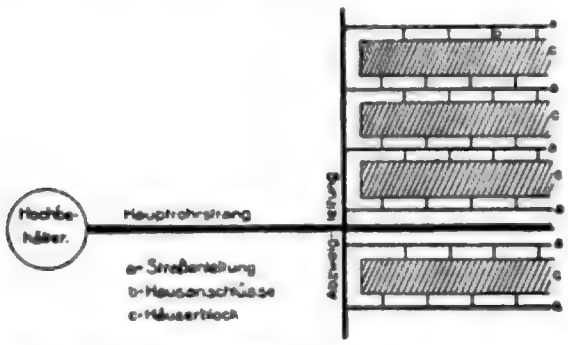


Abb. 581. Wasserverteilung einer neuzeitlichen Stadt.
Der Hauptrohrstrang führt das Wasser vom Hochbehälter nach der Stadt, wo es durch Abzweigleitungen verschiedener Ordnung in die Straßen und Häuser verteilt wird.

Die vorstehenden Regeln zeigen, daß sich die Auffindung des Wassers bei den Römern zu einer ganz besonderen Technik ausgestaltet hatte. Mit Ausnahme der Herstellung von Druckwasserleitungen, die man, wie schon erwähnt, wenn irgend möglich vermied, erreichten aber auch alle übrigen Zweige der gesamten Wasserleitungstechnik im altrömischen Reich eine außerordentlich hohe Stufe der Entwicklung. Diese Entwicklung darf uns nicht wundernehmen, liebte doch der Römer das Wasser sehr und pflegte er doch geradezu Verschwendung damit zu treiben. Die alten römischen Wasserleitungen lieferten täglich etwa eine Million cbm, d. i. 540 l Wasser auf den Kopf der Bevölkerung. Noch heute ist Rom die wasserreichste Stadt der Welt, eine Tatsache, die sie nicht zum mindesten den altrömischen Wasserleitungen verdankt. Nirgends auf der Welt gibt es einen solchen Wasserüberfluß, nirgends so viele Brunnen, Springbrunnen, Wasserkünste usw. usw. wie in Rom. Wenn diese Brunnen auch zum großen Teil von Künstlern der Renaissance und des Rokoko geschaffen wurden, so stammt doch die Grundlage aller dieser Schönheit, die gewaltige zur Verfügung stehende Wassermenge, noch aus dem alten, an Brunnen, Fontänen, Bädern und sonstigen Stätten der Wasserverschwendung so überreichen Rom. Und jede römische Provinzstadt war nach Möglichkeit ein Rom im kleinen! So finden wir denn noch allüberall, wo römische Kultur einst hingetragen wurde, auch die Reste der hochentwickelten altrömischen Wasserleitungstechnik, vor allen die für sie so charakteristischen und in ihrer Ausführung so überwältigenden Aquädukte.

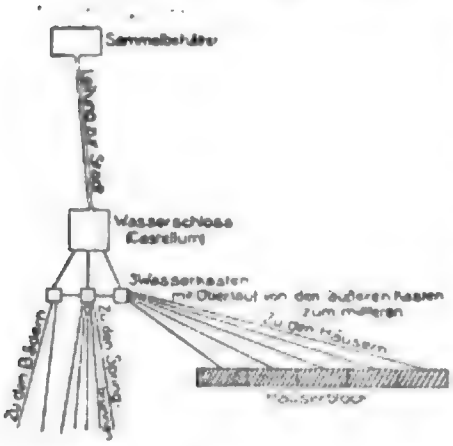


Abb. 582. Wasserverteilung einer antiken Stadt
(die Einzelheiten siehe im Text).

Auch die römischen Wasserleitungen hatten kein Hauptrohr, das vom Hauptbehälter zur Stadt führte, sondern das Wasser floß aus der Quelle in oft langen und nach Bedarf über Aquädukte geführten Leitungen zunächst nach dem die Stelle unseres Hauptbehälters vertretenden Wasserschloß (castellum). (Abb. 581 und 582.) Das Wasserschloß hatte im Innern in der Regel vier Abteilungen: zunächst den eigentlichen Hauptbehälter, von dem aus Röhren in drei Nebenbehälter führten. Der

Digitized by Google

aber die Roms, durch die Aquädukte ihr charakteristisches Aussehen. Die Rom umgebende weite Ebene, die Campagna, ist nach den verschiedensten Seiten hin von den riesigen Bogensträngen der Aquädukte durchzogen, von denen einzelne noch heute ebenso wie in alter Zeit Wasser von den entfernten Gebirgen heranführten. Die Aqua Marcia, die dritte von den vierzehn im Laufe der Zeiten zur Wasserversorgung Roms ausgeführten Leitungen, verbindet die Hauptstadt mit den 53 km weit entfernten Quellen. Die Gesamtlänge der Leitung beträgt nicht weniger als 91,6 km, wovon 11 km auf Aquädukten geführt werden. Da die Quellen 317 m über dem Meere liegen, Rom hingegen nur 54, so hätte man bei dem Gefälle von 263 : 53000 m die Leitung bedeutend kürzer führen können. Statt dessen ließ man sie sich allen Unebenheiten des Bodens anschmiegen, man führte sie außerdem noch um Hügel und Vorsprünge herum, wodurch sich die ungeheure Verlängerung auf fast 92 km ergab. Die Aqua Julia, die im Jahre 43 v. Chr. erbaut wurde, hat eine Länge von 23 km, wovon 9,6 km auf Aquädukten liegen. Die von den Kaisern Claudius und Trajan ausgeführte Aqua Claudia besteht aus zwei Aquädukten, die auf weiten Strecken zusammenlaufen. Ihre Gesamtlänge beträgt nicht weniger als 156 km, wovon 87 auf den sogenannten „Anio novus", 69 km auf die eigentliche „Aqua Claudia" fallen. Auch die sonstigen Leitungen Roms wiesen eine oft sehr bedeutende Länge auf, ebenso die der römischen Provinzen. So hatte z. B. die aus der Eifel nach Köln geführte Leitung eine Länge von fast 80 km.

Die Aquädukte sind hohe und meist schmale Bogen, die dicht aneinander anschließen, und über die die Rinne hinweggeführt ist, in der das Wasser läuft. Bogen und Rinne bestehen aus Mauerwerk. Die ältern Aquädukte in der Nähe Roms sind in der Regel aus großen Quadern gebaut. Die Bogenöffnungen sind mit Keilsteinen umsetzt und innen oft noch einmal durch eine Füllung aus Ziegelmauerwerk gestützt, das sich auch an die Seitenpfeiler anlehnt. Dieses Ziegelmauerwerk zeigt an den Seitenpfeilern horizontale, in der Bogenwölbung radiale Schichtung. Hier ist es oft in drei bis vier konzentrischen Schichten übereinander gelegt. Später geht man, jedenfalls um den Bau zu verbilligen, von den großen Quadern ab und benützt kleinere Steine. Im übrigen aber lassen sich allgemeine Regeln für den Bau der Aquädukte nicht aufstellen: man kann sagen, daß jedes der vielen bis heute erhaltenen derartigen Bauwerke seine besondere Eigenart aufweist, die meist durch die Natur des Baumaterials bedingt ist, das man in der Nähe fand. Besonders kühne Konstruktionen treten uns in den zwei- und dreigeschossigen Aquädukten entgegen, die eine oft beträchtliche Höhe aufweisen. Die Ausführung derartiger Kunstbauten mußte natürlich die Gesamtanlage der Wasserleitungen außerordentlich verteuern. Trotz der Billigkeit der damaligen Arbeitskräfte kostete nach den Berechnungen von Belgrand der laufende Meter der beiden Aquädukte der Aqua Claudia etwa 80 Mark, eine infolge des geringen Querschnittes der Bauwerke sehr hohe Summe.

Die Rinne, in der das Wasser lief, hat bei den verschiedenen Aquädukten die mannigfachsten Querschnitte. Sie ist — von vereinzelten Fällen abgesehen — fast stets übermauert, um einesteils eine Verunreinigung des Wassers und um andererseits seine Erwärmung durch die Sonne zu verhüten. Zuweilen werden auf dem Aquädukt mehrere Rinnen übereinander angebracht. (Abb. 584 S. 435.) So erheben sich z. B. an der heutigen Porta maggiore zu Rom über und neben dem Tor noch gewaltige Aufbauten, in denen die Rinnen von nicht weniger als fünf Wasserleitungen dahinführen, und zwar von unten nach oben der Marcia, Tepula (jetzt in der Mauer), Julia (in Mauer und Tor), Claudia, Anio novus (nur über dem Tor).

Digitized by Google

Effekt. Die Szenerie im Grunde dieser Bühne, mit der künstlichen Dämmerung, ist ebenfalls sehr gut gelungen. Die Bühne ist 3,5 m breit, 2,5 m hoch und 2,5 m tief. Die Figuren sind 1,5 m hoch. Die Bühne ist mit Vorhang und Rampenlicht versehen. Die Figuren werden von unten durch Drähte bewegt. Die Bühne kostet 1000 Mk. Sie ist von Richard Schmidt-Lamadrid, Berlin, Neue Bayreuther Straße 6, zu beziehen. Ferner ist zu beziehen: Die Bühne Nr. 1 mit Szenerie, Vorhang und Rampenlicht, ohne Figuren, kostet 500 Mk. Die Bühne Nr. 2 mit Szenerie, Vorhang und Rampenlicht, ohne Figuren, kostet 300 Mk.

Abb. 108. Kleine Bühne mit Szenerie und Rampenlicht, ohne Figuren.

Abb. 109. Kleine Bühne mit Szenerie und Rampenlicht, ohne Figuren.

Bühne 3. Die beste Bühnenform ist folgende: Sie besteht aus einem dunklen Kasten, der vorne mit einer durchsichtigen Platte verglast ist. Dieser Kasten wird auf einen Tisch gestellt. Vor der durchsichtigen Platte befindet sich ein Schlitz, durch welchen die Figuren geführt werden.

Die Figuren werden aus Pappe ausgeschnitten und mit Farben bemalt. Sie werden an Drähten geführt, die durch den Schlitz in den Kasten hineingehen. Die Figuren werden durch Lampen beleuchtet, die sich im Kasten befinden. Die Lampen werden durch Batterien gespeist. Die Figuren werden durch Drähte beweg

Die Kanalisation.

Mit der Verbreitung der Kanalisation stand es im Altertum fast durchweg so wie gegenwärtig bei uns: die größeren Städte waren meist mit Kanalisationseinrichtungen versehen, während sie in den kleineren fehlten. Allerdings war die Zahl der ausgeführten Kanalisationsanlagen im Verhältnis zur Anzahl der Städte damals eine scheinbar geringere als heute. Der gesundheitliche Wert der Kanalisation wurde wohl weniger gewürdigt als die Bequemlichkeit: je größer eine Stadt wurde, desto schwerer hielt es, und desto mühseliger wurde es, den Unrat und die Abwässer zu entfernen, die sich in großen Mengen ansammelten. Darum — und wahrscheinlich nicht aus gesundheitlichen Rücksichten — baute man Einrichtungen, durch die alle aus der Stadt abzuführenden Stoffe auf mechanischem Weg und möglichst ohne Mühe weggeschafft werden konnten: die Kanäle.

Kanalsysteme im Orient.

Diese Kanäle dienten ihrer ganzen Anlage und Beschaffenheit nach wohl in erster Linie zur Entfernung der Abwässer. Erst allmählich scheint man auch Unrat aller Art durch sie weggeschwemmt zu haben. Wir treffen in fast allen größeren Städten des Altertums auf solche Kanäle. Layard fand in Babylon ein gut durchgebildetes Kanalisationssystem, das ebenso wie das anderer mesopotamischer Städte, wie z. B. das von Nimrud, aus Hauptkanal und Seitenkanälen bestand. Die Seitenkanäle führen bis unter die Häuser und nehmen die hier zu entfernenden Abwässer auf. Die Herstellung der Kanäle selbst bietet in technischer Hinsicht mancherlei bemerkenswerte Einzelheiten, so vor allem die, daß sie gewölbt waren. (Abb. 597 und 598, Seite 442.) Das Gewölbe war kein falsches, durch allmähliche Vorkragung der höheren Steinschichten gebildetes, sondern ein echtes, durch entsprechende Stellung der Steine ausgeführtes, die als richtige Gewölbesteine zum Teil keilförmigen Querschnitt hatten. Es kann nach der ganzen Anlage, insbesondere des Kanals zu Nimrud, wohl keinem Zweifel unterliegen, daß zur Herstellung dieser Gewölbe ein spitzbogiges Lehrgerüst gedient hat. Des weiteren ist bemerkenswert, daß die Abwässer dem Hauptkanal durch ein ziemlich starkes Gefälle zugeführt wurden, was darauf schließen läßt, daß man sie möglichst rasch zu beseitigen suchte. Der Seitenkanal schließt sich etwa in einem Drittel der Höhe des Hauptkanals an diesen an, fällt ziemlich stark gegen ihn ab und steht durch einen senkrechten Schacht mit dem zu entwässernden Gebäude, in diesem Falle mit dem Südostpalast von Nimrud, in Verbindung. Er ist aus gebrannten Ziegelsteinen hergestellt und mit viereckigen Ziegelplatten gedeckt. Der senkrechte Schacht ist nach oben durch eine große Platte

Digitized by Google

Bedeutung zu einer Hauptstadt. In der ungeheuren Ausdehnung der Stadt, die sich bis zum Jahre 1914 auf 4000 ha vergrößerte, in der Anlage der Straßen, in der Verteilung der Plätze, in der Lage der Bahnhöfe, in der Anordnung der Industrie- und Wohnviertel, in der Verteilung der Grünflächen, in der Anlage der Kanäle und Hafenbecken, in der Anlage der Rheinbrücken, in der Anlage der Rheinufer, in der Anlage der Rheinparks, in der Anlage der Rheinhäfen

nahen modernen Bauwerken die Bedeutung durch Alter. Es soll hier nicht weiter auf sie eingegangen werden, da sie in Bd. I, 1 dieses Handbuchs (Abschn. 2, Kap. 3, Unter-Abschn. 2, Art. 15, S. 46) und in Bd. III, 1, 1 (Abschn. 2, Kap. 3, Unter-Abschn. 2, Art. 15, S. 46) dieses Handbuchs ausführlich behandelt sind. Hier sei nur noch auf die Abb. 307 verwiesen, die das Innere der Kirche zeigt.

Abb. 307. Mittelschiff der Stiftskirche zu Aachen. Nach der Natur von Hasenclever.

Auf den romanischen Kirchbau ist, wie auf alle Gebiete architektonischer Thätigkeit, die Gothik von großem Einfluß gewesen. Ihr Einfluß ist in Aachen, Bonn, Köln, Neuß, Xanten, Andernach, Boppard, Oberwesel, St. Goar, Bacharach, Mainz, Worms, Speyer, Wimpfen, Heidelberg, Lorsch, Wimpfen im Thal, Gelnhausen, Wetzlar, Friedberg, Marburg, Frankenberg, Wildungen, Kassel, Hofgeismar, Fritzlar, Hersfeld, Fulda, Schlüchtern, Gelnhausen, Seligenstadt, Darmstadt, Wimpfen im Thal, Lorsch, Heidelberg, Mainz, Worms, Speyer, Wimpfen, Bacharach, St. Goar, Oberwesel, Boppard, Andernach, Xanten, Neuß, Bonn, Köln, Aach

Ländereien zuteilte. Der athenische Hauptkanal war aus Quadersteinen hergestellt, die Verteilungskanäle bestanden aus gebranntem Ton. Abnehmbare Deckel gestatteten die Reinigung der Kanalisation. Die einzelnen Tonröhren waren lose aneinandergeschoben, in ähnlicher Weise wie man auch jetzt noch die Drainageröhren aneinanderzuschieben pflegt. Vielfach findet man bei griechischen Kanalisationsanlagen aber auch Rohre mit „aufgebördelten" Enden, so daß man sie bequem ineinanderschieben konnte. Wo man sie lose aneinanderlegte, fand auch eine Verklammerung mit Hilfe von Bleiklammern statt. Daß ein Verschmieren der Berührungsstellen stattgehabt hätte, ließ sich bis jetzt nicht nachweisen. In Samos waren die Abzugskanäle zum Teil in den Felsen gearbeitet.

Römische Kanalisationsanlagen.

Unter den römischen Kanalisationsanlagen, die sich in bezug auf ihre technische Einrichtung im allgemeinen den griechischen anschließen, verdient die Entwässerungsanlage Roms, die heute noch erhaltene Cloaca maxima, besondere Erwähnung. Wie die meisten alten Kanalisationsanlagen war sie im Anfang oben wohl offen und ist erst später überdeckt worden. Zuerst diente sie vielleicht nur zur Entwässerung des Bodens, und erst später dürfte sie ihrer eigentlichen Bestimmung übergeben worden sein. Zwischen dem kapitolinischen, dem palatinischen und dem esquilinischen Hügel Roms liegt nämlich in einer Höhe von 12 m über dem Meere und 7 m über dem Tiber eine Talsenkung, die früher sumpfig gewesen sein muß. Um auf diesem Grunde bauen zu können, mußte man ihn erst entwässern. Zu diesem Zwecke hat man zunächst den aus dieser Niederung nach dem Tiber zu fließenden Bach reguliert, eingefaßt und mit seitlichen Zuleitungen versehen, die ihm die in ihnen gesammelten Wässer zubrachten. Auch vom Palatin herab wird man Wasser eingeleitet haben. Dann ließ man durch dieses Wasser auch die Abwässer mit fortführen und überdeckte schließlich, da man durch den nunmehr aufsteigenden Geruch belästigt wurde, die ganze Anlage. So entstand allmählich die Cloaca maxima, die der Überlieferung nach vom fünften Könige Roms, Tarquinius Priscus (616—578 v. Chr.), hergestellt worden sein soll, die aber in der Gestalt, in der wir sie jetzt sehen, wahrscheinlich erst aus späterer Zeit, aus den Tagen der Republik, stammt.

Die Cloaca maxima wechselt in bezug auf ihre Abmessungen sehr. Der Querschnitt wird um so größer, je mehr sie sich dem Tiber nähert, eine Anordnung, die sich aus ihrer eben dargelegten Entstehungsgeschichte erklärt: in ihrem Verlaufe nahm die Kloake immer mehr Abzugskanäle auf, und infolgedessen wird die durch sie hindurchgeführte Wassermasse immer größer. Außerdem macht Merckel über sie noch folgende Angaben: Die Sohle der Cloaca maxima besteht aus den bekannten, im Altertume so vielfach zu Pflasterungszwecken verwendeten Polygonsteinen aus Lava, die Wände sind aus großen Tuffquadern, die in drei bis fünf Schichten übereinander liegen. Einzelne Schichten sind aus Travertin. Die Größe der Quadern beträgt 2,50 m Länge, 0,80 m Höhe und 1 m Breite. Die Fugen weisen keine Mörtelschichten auf, die Steine scheinen im Innern durch mit Blei eingelassene Eisenklammern zusammengehalten zu sein. Das Gewölbe ist als Tonnengewölbe ausgebildet, es ist jedenfalls über einem Lehrgerüst ausgeführt und besteht aus Keilsteinen, die in sieben- bis neunfacher Schicht, an der Mündung in dreifacher Schicht liegen. Die Breite der Kloake wechselt außerordentlich. Einzelne Stellen lassen erkennen, daß sie

Digitized by Google

früher offen war, an anderen wieder ist sie nur mit starken Steinplatten bedeckt, die man heute noch leicht aufheben kann, wodurch ein Blick auf das rasch dahinfließende Wasser ermöglicht wird. An wieder anderen Stellen ist das Gewölbe aus Ziegeln hergestellt — kurzum es zeigt sich überall, daß an der Kloake zu verschiedenen Zeiten und nach verschiedenen Gesichtspunkten gebaut wurde. Darauf lassen auch die Schächte schließen, die verschiedentlich in die Höhe gehen, und die in bezug auf Durchbildung des Längsschnitts, ihrer oberen Öffnung usw. usw. in mannigfachster Weise voneinander abweichen.

Wie in Rom, so legte man auch in den römischen Provinzstädten vielfach Kanalisationsanlagen an, ja sogar einige Feldlager, also Kastelle, versah man damit. So hat man auf der Saalburg eine Kanalisation nachgewiesen, die scheinbar sowohl zur Entwässerung des Bodens wie zur Aufnahme der Abwässer und vielleicht auch zur Entfernung des Unrats diente. Ob letzteres der Fall war, hat sich nicht nachweisen lassen, weil es bisher noch nicht gelang, die Stelle aufzufinden, auf der sich die Abortanlage befand. Die Wässer der Saalburg flossen durch kleinere und größere Kanäle, die teils mit Holzverschalung versehen, teils ausgemauert waren, unter Ausnutzung des starken Gefälles, das das dortige Gelände aufweist, zunächst in die Spitzgräben, die den Kastellmauern vorgelagert sind. Von hier aus flossen sie dann nach Norden zu ins Freie ab. Manche von diesen Gräben leisten auch heute noch nützliche Dienste, indem sie das bei starken Regengüssen im Kastell sich ansammelnde Regenwasser fortführen und so das Innere der Anlage trocken erhalten.

Literatur zum Abschnitte: „Die Kanalisation" siehe hinter dem Abschnitte: „Bewässerung und Entwässerung".

Digitized by Google

Bewässerung und Entwässerung.

Bewässerung und Entwässerung stehen insofern in engem Zusammenhange, als die technischen Mittel zu ihrer Durchführung — geschlossene oder offene Gräben und die Ausnützung des Gefälles — die gleichen sind. Die ganze Technik ist eine derart einfache, daß über ihre Ausführung, die in ihren Grundzügen im Altertum bereits genau so geschah wie heutzutage, eigentlich nicht viel zu sagen ist. Das, was gerade auf diesem Gebiet unser Staunen und unsere Bewunderung erregt, ist weniger die technische Durchführung als vielmehr die Größe der einzelnen Anlagen, von denen manche Weltberühmtheit erlangt haben, wie z. B. die Entwässerung der Campagna durch die Römer.

Die ersten Drainierungsanlagen des Altertums, von denen wir Kenntnis haben, stammen ungefähr aus dem Jahre 1900 v. Chr., aus der Zeit vor dem babylonischen König Chammu-ragas. Sie dienten, wie Merckel ausführt, dazu, den Inhalt der Grabhügel von Ur trocken zu erhalten. Man erreichte dies, wie auch später noch, in einfachster Weise dadurch, daß man in den sumpfigen Boden Tonröhren einließ, die oben mit kleinen Löchern versehen waren. Das Sumpfwasser lief durch diese Löcher in die Röhren und wurde dadurch abgeleitet. Natürlich hatte man das Röhrennetz derart angelegt, daß die Röhren schief nach abwärts führten, und daß ein leichtes Gefälle vorhanden war, bis zuletzt ein Hauptrohr die gesamten Wassermassen aufnahm und wegführte. Die Anlage war derart vorzüglich ausgestattet, daß wirklich eine vollständige Trockenlegung erfolgte. Wenn uns der Inhalt der Hügel bis auf den heutigen Tag erhalten geblieben ist, so ist dies vor allem der vorzüglich durchgeführten Entwässerungsanlage zuzuschreiben. Derartige Entwässerungsanlagen fanden sich in Babylonien und Assyrien noch mehrfach. Zum Teil waren sie mit Flußregulierungen verbunden. Man baute gewaltige Mauern, die die trocken zu legenden Ländereien von den Flüssen Euphrat und Tigris trennten, so daß deren Wasser keine Überschwemmungen verursachen konnte. Dann schuf man Entwässerungsanlagen, wobei man entweder Tonröhren anwandte oder offene Rinnsale grub, aus denen das Wasser abfloß. Auf diese Weise gelang es, ausgedehnte Länderstrecken der Kultur zugänglich zu machen.

Eine besondere Ausbildung erfuhr die Bewässerung und Entwässerung Ägyptens, das man mit Recht als ein „Geschenk des Nils" bezeichnete. Der Nil steigt während der Monate Juni bis Oktober und überschwemmt dabei das Land. Hierbei setzt er einen blaugrauen Schlamm, einen „Schlick" ab, der die fruchtbare Ackererde darstellt. Soweit dieser Schlick reicht, so weit ist Gedeihen, wo er aufhört, beginnt die Wüste. Nun ist das Steigen und Fallen des Nils durchaus kein regelmäßiges. In den Jahren, wo nur ein geringes Steigen stattfand, waren Mißernten und Hungersnot zu verzeichnen. Diese Tatsachen zwangen dazu, die Nilüberschwemmungen zu regeln,

Digitized by Google

was mit Hilfe von Kanälen und großen Becken geschah, in die während der Zeit hohen Wasserstandes die Wasser des Nils abgeleitet wurden. Dadurch beugte man einerseits einer zu großen Überflutung vor, andererseits sorgte man dafür, daß die Überflutung auch alle Teile des Landes betraf. In welcher Weise das System von Kanälen und Wasserbecken im einzelnen ausgestaltet war, ist heute nicht mehr genau festzustellen. Jedenfalls beruhte es auf genauen Messungen der Nilhöhe, zu deren Vornahme besondere Pegel aufgestellt waren, die sich in Gebäuden befanden, zu denen nur die Priester Zutritt hatten. Die wirkliche Nilhöhe wurde nämlich geheimgehalten, da gewisse Steuern nach ihr erhoben wurden, deren Betrag die Priester nach dem jeweiligen oder angeblichen Nilstande bestimmten. Auch der sagenhafte Möris-see soll eines dieser großen Be- und Entwässerungsbecken gewesen sein. Herodot gibt von ihm eine, wie sich allerdings herausgestellt hat, jedenfalls sehr wenig zuverlässige Beschreibung. Ob es sich hier wirklich um einen natürlichen, später eingetrockneten See von riesiger Größe oder, wie andere wieder annehmen, um ein künstlich geschaffenes gewaltiges Wasserbecken handelte, wird sich wohl nie aufklären lassen. Oechelhäuser nimmt sogar an, daß der Mörissee überhaupt kein See gewesen ist, sondern daß man jenen neueren Forschungen recht geben muß, die in ihm nur ein dem sumpfigen Fajum im Nildelta abgerungenes Stück Kulturland erkennen wollen, das durch Dämme vor Überschwemmung geschützt war. Unserer Ansicht nach wird sich das schon so viel und vor allem mit so vieler Phantasie erörterte Rätsel des Möris-sees wohl überhaupt sobald nicht lösen lassen.

Genauer sind wir über die gewaltigen Entwässerungsarbeiten unterrichtet, die zur Trockenlegung des Kopaisseebeckens in Böotien geführt haben, der, wie Merckel in eingehender Schilderung ausführt, bis zum heutigen Tage ein Gegenstand der Forschung geblieben ist. Strabo berichtet, daß durch das Steigen der Gewässer dieses Sees mehrere Städte, darunter Athen, Arne, Midea und Eleusis, zerstört wurden. Auch das alte Orchomenos hat hier seinen Untergang gefunden. Er weist darauf hin, daß der See keinerlei Abfluß besaß, außer den unterirdischen Eingängen, in die der Kephissos einfloß. Die Mündungen dieser Eingänge in den See, die sogenannten „Saugschlunde", wurden nun durch Erdbeben oder Anschwemmungen oft verstopft. Alexander der Große ließ sie bloßlegen und reinigen, eine Arbeit, die der Ingenieur Krates ausführte. Später wurden auch noch künstliche Abzugsstollen in die Felsen getrieben, so daß eine gut arbeitende Entwässerungsanlage geschaffen wurde.

Ähnliche Stollen benutzten auch die Römer zu einem ihrer ältesten Entwässerungswerke, zur Ablassung des Albaner Sees, die im Jahre 396 v. Chr. ausgeführt wurde. Kriegsgefangene Etrusker waren es, die durch den Felsen hindurch einen Stollen sprengen mußten, durch den die Wässer des Sees abflossen. So gewaltig dieses Werk auch erscheint, so bietet es in technischer Hinsicht eigentlich nichts besonders Bemerkenswertes dar. Wir wissen von unseren früheren Betrachtungen, daß man damals unter Aufwand eines gewaltigen Menschenmaterials Leistungen fertig brachte, die uns heute in Erstaunen versetzen. Wir wissen ferner, daß die Zeit keinen Wert hatte, und kennen endlich die Verfahren der Felssprengung und Felsbearbeitung, die im Abschnitte „Bergbau" eingehend dargelegt wurden. Mit derartigem technischen Rüstzeug ließen sich noch weitere ähnliche Entwässerungsanlagen ausführen, wie die im Jahre 289 v. Chr. erfolgte Tieferlegung des Velinus-Sees im Lande der Sabiner. Nicht immer allerdings glückten die Unternehmungen. So arbeiteten unter Kaiser Claudius 30 000 Sklaven 11 Jahre lang an der Herstellung des großen, 5½ km langen, durch

Digitized by Google

den Fels gebrochenen Abflußkanals, durch den der Fuciner See trockengelegt werden sollte. Daß das Werk nicht gelang, lag daran, daß man bei der Überwindung der Höhenunterschiede und bei sonstigen Einzelheiten Fehler gemacht hatte.

Mehr Glück hatte man bei den Drainierungsarbeiten in der Campagna, in den Pontinischen Sümpfen und bei anderen Entwässerungsanlagen. Die Campagna und die Pontinischen Sümpfe, die heute öde, von der Malaria durchseuchte Gelände darstellen, waren, insbesondere die Campagna in der näheren Umgebung Roms, einstmals ein blühendes Land, wo Fruchtbarkeit herrschte, und wo sich die Villen und Gärten der reichen Römer befanden. Hier, in der Campagna, stauen sich die von den Gebirgen dem Meere zuströmenden Gewässer und führen zur Sumpfbildung. Das gleiche ist bei den Pontinischen Sümpfen der Fall. Die Römer hatten nun ein wohldurchgebildetes Drainagenetz angelegt, durch das die Sumpfgelände vollkommen trockengelegt wurden, so daß sie bewohnbar und anbauungsfähig wurden. Die Drainage wurde sowohl mit Hilfe offener Gräben wie auch mit Hilfe von Rohrleitungen durchgeführt. Erst als Rom verfiel und man sie vernachlässigte, erfolgte von neuem die Bildung von Sümpfen. Mit ihr trat dann die Malaria auf, die Gegenden wurden entvölkert und sind es heute noch. Erst jetzt will man wieder darangehen, sie durch eine erneute Drainage und sonstige Maßregeln zu erschließen. Ähnliche Drainagen wurden überall durchgeführt, wo römischer Einfluß und römische Kultur sich geltend machten. Aber wie in der Campagna, so sind auch sie nach dem Abzug der Römer vielfach wieder vernachlässigt worden, wodurch auch ihre Segnungen verschwanden.

Digitized by Google

Literatur zu den Abschnitten: „Die Wasserversorgung", „Die Kanalisation" und „Bewässerung und Entwässerung".

Altmann, Palast und Wohnhaus im Altertum. Umschau 1907, S. 844ff.

Anonymus, Die Trockenlegung der Pontinischen Sümpfe. Welt der Technik 1904, S. 45.

— Die Wasserversorgung des alten Rom und deren Verwaltung. Internationale Zeitschrift für Wasserversorgung 1917, S. 129. Referat in Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften. 1919. Bd. XVIII. Nr. 1/2 (80/81) S. 144.

Baed, Aus dem alten Babylon. Das Wissen 4. Jahrg., Nr. 10 u. 11.

Ballu und Cagnat, Timgad, une cité africaine. Paris 1897.

Banks, Babylonian Excavations by the Germans. Scientific American 1913, S. 357.

— Entwässerungsanlagen bei den alten Babyloniern. Die Post 1905, Nr. 413.

— Excavations at Nippur. Scientific American 1901, S. 133.

Bauer, Die Wasserwerke Roms im Anfang der Kaiserzeit. Berlin 1876.

Belger, Die Wasserversorgung Korinths. Berliner Philologische Wochenschrift 1902.

Belgrand, Les aqueducs romains. Paris 1875.

Bertholet, Der älteste Tunnel. Referat nach der „Zeitschrift für Tiefbau" in „Welt der Technik" 1906, S. 79.

Borchardt, Das Grabmal des Königs Sahu-rê. Leipzig 1910 und 1913.

— Die Ausgrabung des Totentempels des Königs Sahu-rê bei Abusir. Mitt. der deutsch. Orientgesellschaft 1907/08, Nr. 37.

— Über ägyptische Nilmesser.

Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.

Curtius, Über städtische Wasserbauten der Hellenen. Berlin 1847.

— Adler und Hirschfeld, Die Ausgrabungen zu Olympia. Berlin 1877—1881.

Dörpfeld, Die Ausgrabungen an der Eunea-trunos. Mitt. des Kaiserl. deutschen Archäolog. Instituts in Athen, Band XVII, XVIII und XIX; 1892, 1893, 1894.

— Jakobsthal und Schazmann, Bericht über die Arbeiten zu Pergamon. Athen 1908.

Eyth, Das Wasser im alten und neuen Ägypten. Bayer. Industrie- und Gewerbeblatt 1902, Nr. 6—9.

Fabricius, Altertümer auf der Insel Samos. Mitt. des Kaiserl. deutsch. archäologischen Instituts in Athen, Band IX, 1884.

Fieber, Über die Untersuchung eines antiken Bleirohrs. Chemiker-Zeitung 1908, 13, S. 149.

Franghia, Rapports sur l'adduction des eaux d'Arroul. Jerusalem 1908.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.

Gesell, Les Monuments antiques de l'Algérie. Paris 1901.

Giebeler, Die antike Hochdruckwasserleitung der Burg Pergamon. Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung 1897, Nr. 12.

— Über einige älteste Wasserleitungen und deren Beziehungen zu den neuesten Verhandl. des deutschen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern. 1896.

Gräber, Die pergamenische Wasserleitung. Die Altertümer von Pergamon. Textband I, 3.

— Die Wasserleitung von Olympia. Die Ergebnisse der von dem Deutschen Reich veranstalteten Ausgrabungen zu Olympia. Textband II. Berlin 1892.

— Die Wasserleitungen von Pergamon. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1887.

— Die Wasserleitung zu Athen. Mitt. d. Kais. Archäologischen Instituts in Athen. Band XXX, 1905, S. 1ff.

Digitized by Google

Guidi, Le fontane barocche di Roma. Dissertation Zürich 1917.
Haberlandt, Die Trinkwasserversorgung der primitiven Völker. Gotha 1912.
Herodot, Geschichten. I, 188; III, 60.
Hofschlaeger, Die Entstehung und Verbreitung der künstlichen Wasserleitungen in der Vorzeit und im Altertum. Vortrag, geh. in der Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaften, der Medizin und der Technik am Niederrhein. Düsseldorf, 7. März 1913.
Huelsen, Die Thermen des Agrippa, ein Beitrag zur Topographie des Marsfeldes in Rom. Rom 1910.
Humann und Puchstein, Ausgrabungen zu Sendschirli. Berlin 1893—1902.
— — Reisen in Kleinasien und Nordsyrien. Berlin 1890.
Huntemüller, Wasserversorgung und Kanalisation im alten und heutigen Jerusalem. Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten 1916, Bd. 81, Heft 2, S. 257.
Jacobi, Das Römerkastell Saalburg. Homburg 1897.
— Führer durch das Römerkastell Saalburg. Homburg 1908.
Kab, Die römischen Kaiserbad-Ruinen zu Baden-Baden. Ill. Badeblatt 1916, Nr. 18.
Kautzsch, Die Siloah-Inschrift. Zeitschr. des Deutschen Palästinavereins, 5. Band 1882.
Klinkowström, Graf v., Beiträge zur Geschichte der Wassererschließung. Zeitschrift des Vereins der Gas- und Wasserfachmänner in Österreich-Ungarn 1913. Heft 12—15.
Kloeß, Aus der Wasserwirtschaft der alten Zeit. Zeitschr. der gesamten Wasserwirtschaft 1912, S. 142.
Kobert, Chronische Bleivergiftung im klassischen Altertum. In Diergart: Beiträge aus der Geschichte der Chemie. Leipzig und Wien 1909.
Köhler, Beiträge zur Kenntnis der Entwicklung des Militärbadewesens usw. Veröffentlichungen auf dem Gebiete des Militär-Sanitätswesens 1913, Heft 56, S. 2.
Layard, Ninive und Babylon. Übersetzt von Zenker. Leipzig.
Lehmann-Haupt, Armenien einst und jetzt. Berlin 1910.
— Die historische Semiramis und ihre Zeit. Tübingen 1910.
Lemberg, Zur Geschichte der Trinkwasserfiltration. Der Städtische Tiefbau 1912, Heft 23.
Lewin-Dorsch, Die Technik in der Urzeit. Der Wohnungsbau. Stuttgart 1912.
Mastermann, The water supply of Jerusalem ancient and modern. The biblical World.
Merckel, Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin 1899.
Nentwich, Tunesiana. Frankfurter Zeitung vom 18. Februar 1912.
Neuburger, Das Wasser als Hilfsmittel in Haus und Gewerbe. In Kraemer: Der Mensch und die Erde. Band IX, S. 149ff.
— Aus der Technik des alten Rom. Technisches Magazin 1908. Heft 3.
Nielsen, Die Straßenhygiene im Altertum. Archiv für Hygiene 1902, Heft 2, S. 85ff.
Noack, Die Baukunst des Altertums. Berlin.
Oechelhäuser, Technische Arbeit einst und jetzt. Vortrag zur Feier des 50jährigen Bestehens des Vereins Deutscher Ingenieure. Deutsche Techniker-Zeitung 1906, S. 443.
Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken. Leipzig 1884.
Partsch, Auf der Insel des Pelops. Breslau 1902.
Pfretzschner, Die Grundrißentwicklung der römischen Thermen. Erlangen 1908.
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Chemnitz 1896.
Rathgen, Über ein kupfernes Wasserleitungsrohr. Chemiker-Zeitung 1911, 34. S. 309.
Ratner, Die Trinkbarmachung ungenießbaren Wassers in der Bibel. Hygienische Rundschau 1910, Band XX, S. 190.
Reber, Des Vitruvius Zehn Bücher über die Architektur. Stuttgart 1865.
Richter, Die Cloaca maxima in Rom. Berlin 1889.
Rohland, Zur Geschichte der Abwässeranlagen. Archiv für die Geschichte der Technik, Band IV, S. 215.
Rothey, Die Wasserleitungen des römischen Aventicum. Referat d. Voss. Zeitung vom 22. Januar 1911, Nr. 37.
Schick, Die Wasserversorgung der Stadt Jerusalem in geschichtlicher und topographischer Darstellung. Zeitschr. des Deutschen Palästina-Vereins, 1. Band, 1878.
Schleyer, Bäder und Badeanstalten. Leipzig 1909.
Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner. Leipzig 1881.
— Mykenä. Bericht über meine Forschungen und Entdeckungen in Mykenä und Tiryns. Leipzig 1878.
— Tiryns. Der prähistorische Palast der Könige von Tiryns. Leipzig 1886.

Digitized by Google

Schreiber und Sieglin, Die Nekropole von Km-esch-Schukafa. Leipzig 1908.
Schubart, Ein Jahrtausend am Nil. Berlin 1912.
Schultze, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland. Gütersloh 1906.
Schutte, Die Wasserversorgung der Stadt Hannover. Eine geschichtliche Einleitung. Hanomag-Nachrichten 1916, Heft 2, S. 23.
Söllner, Die hygienischen Anschauungen des römischen Architekten Vitruvius. Jenaer Medizinisch-historische Beiträge 1913, Heft 4.
Spiegelberg, Gesundheitstechnische Anlagen im Altertum und im Mittelalter. Gesundheitsingenieur 1917. Referat in: Mitteilungen zur Geschichte der Medizin und der Naturwissenschaften 1919. Bd. XVIII. Nr. 1/2. (80/81) S. 144.
Steuer, Die Wasserversorgung der Städte und Ortschaften. Berlin 1912.
Techniker, Der, im Altertum. Welt der Technik 1910, S. 142.
Trillat, Ein von den Römern angewandtes kolorimetrisches Verfahren zur Charakterisierung von Trinkwasser. Chemiker-Zeitung 1916, S. 750.
Ursprung, Der, der Nilfluten. Welt der Technik 1910, S. 278.
Wiedemann, Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik bei den Arabern. Sitzungsberichte der phys.-med. Sozietät in Erlangen 1906, Band 38.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.
Wolff, Bericht über die Arbeiten der Ausgrabungskommission (Heddernheim) in den Jahren 1903—1906. Mitt. über römische Funde in Heddernheim. Heft IV, S. 57 ff. Frankfurt a. M. 1907.
Woenig, Die Pflanzen im alten Ägypten. Leipzig 1897.
Wood, The ruins of Palmyra, otherwise Tedmor in the desert. London 1753.
Ziller, Über die antiken Wasserleitungen Athens. Mitt. des kaiserl. deutsch. Archäologischen Instituts in Athen, Band II, 1877.
Zink, Die Entwicklung der Entwässerungen mit offenen Gräben und Drainagen von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Selbstverlag. Prag.
Zumpt, Über die bauliche Einrichtung des römischen Wohnhauses. Berlin 1852.

Digitized by Google

Straßen und Brücken.

Allgemeines.

Die Straßen des Altertums lassen sich im allgemeinen in zwei große Gruppen einteilen: in solche Straßen, die lediglich dem Verkehre zwischen benachbarten Ortschaften oder solchen Orten dienen sollten, zwischen denen ein lebhafter Handelsverkehr stattfand, und in solche, die aus strategischen Rücksichten erbaut wurden. Die Aufgabe dieser letzteren war es, dem Heere die Möglichkeit zu gewähren, in schnellen Märschen die Grenzen zu erreichen, um feindliche Einfälle abzuweisen oder selbst in das Nachbargebiet vorzudringen. Ebenso verschieden wie der Zweck war auch der Zustand der Straßen. Die Verkehrs- und Handelsstraßen sind im allgemeinen schlecht unterhalten; oft sind es bloße Saumpfade oder ausgetretene Wege ohne jeden Unterbau, ohne Vorrichtungen, die dem Regenwasser den Abfluß gewähren sollen für ihre Unterhaltung wird nichts oder nur das Notwendigste ausgegeben. Anders die Heeresstraßen. Sie werden mit der größten Sorgfalt und mit hoher technischer Vollkommenheit angelegt, und ebenso sorgfältig hält man sie imstande; besondere, meist sehr zahlreiche Beamte sind mit ihrer Überwachung betraut. Als Grundlage der Straßenführung selbst gilt — und zwar sowohl für die Verkehrs- und Handels- wie für die Staats- und Kriegsstraßen — der mathematische Grundsatz, daß der kürzeste Weg zwischen zwei Punkten die gerade Linie ist. Soweit nicht die Verhältnisse des Geländes zu Ausbiegungen und Umgehungen nötigen, ziehen sich die Straßen des Altertums meist kerzengerade dahin.

Straßen im Orient.

Über die Straßen der mesopotamischen Völker ist uns nur verhältnismäßig wenig bekannt. Man hat vor allem auch nur sehr geringe Spuren von ihnen aufgefunden, die uns keinerlei Begriff von ihrem Aussehen, ihrem Zustand und der Technik ihrer Herstellung zu geben vermögen. Layard hat Überreste einer nach Ninive führenden Straße aufgefunden, die mit Steinen gepflastert war. Die Reste waren jedoch zu ungenügend, um daraus irgendwelche Schlüsse auf die Straßenbautechnik jener Gegenden zu ziehen.

Bei den Ägyptern war es nicht nötig, große Straßen anzulegen; bildete doch

Digitized by Google

der Nil wie auch heute noch die beste und bequemste Hauptverkehrsstraße des Landes. Trotzdem führten vom Niltale sowohl von Osten wie nach Westen zu einzelne Straßen weg, die die Haupthandelsplätze mit entfernter gelegenen Orten verbanden. Es scheint sich hier jedoch meist um einfache Karawanenstraßen gehandelt zu haben, die aus Pfaden durch allmählichen Gebrauch von selbst entstanden. Später befestigte man dann die Straßendecke durch Steine. Die am Wüstenrand entlang führenden Straßen waren gegen die Wüste zu durch Mauern geschützt. Ob diese Mauern die Verwehung der Straße durch den Wüstensand verhindern, oder ob sie den Karawanen zum Schutze gegen die Angriffe der Wüstenbewohner dienen sollten, hat sich nicht mit Sicherheit feststellen lassen. Ramses II. ließ an der Küste Syriens eine Straße in Felsgestein sprengen, wohl das einzige Beispiel einer derartigen durch die Ägypter ausgeübten Straßenbautechnik. Die meisten ägyptischen Straßen wurden in späterer Zeit — nach der Eroberung durch die Römer — hergestellt und sind deshalb als römische Straßen zu betrachten. Auch ihre technische Ausgestaltung erfolgte nach den von den Römern bei ihren Straßenbauten bewährt gefundenen Grundsätzen.

Griechische Straßen.

Besser als über die Straßen der eben genannten Völker sind wir über die der Griechen unterrichtet, bei denen sich, wie auf so vielen Gebieten griechischer Technik, deutlich phönizischer Einfluß erkennen läßt. Es ist sogar wahrscheinlich, daß die ersten griechischen Straßen von den Phöniziern angelegt wurden, die ihre in Griechenland befindlichen Küstenplätze durch Straßen mit dem Innern des Landes verbanden, um von hier aus wertvolle Produkte nach den Schiffen befördern zu können. Hauptsächlich waren es Holz, Kupfer, Erze usw., die an die Küsten gebracht und hier entweder zu Schiffsbauten oder zur Anlage von Werften verwendet oder auf die Schiffe verladen wurden. Diese ältesten phönizischen Straßen waren sehr einfach. Man schlug Lichtungen durch die Wälder, glich Unebenheiten im Boden durch Einebnen aus, und wenn man in der Nähe der Küste, wie dies vielfach geschah, auf sumpfige Niederungen stieß, so errichtete man einen Damm, über den dann die Straße hinwegführte.

Als sich später die griechische Kultur immer mehr vom phönizischen Einflusse freimachte, und als Griechenland den Zeiten seiner höchsten Blüte entgegenging, da bildete ich auch eine eigene Straßenbautechnik aus. Für die Entwicklung dieser Technik war in Griechenland noch ein besonderer Umstand maßgebend. Man brauchte nicht nur wie bei andern Völkern Handels- und Kriegsstraßen, sondern auch Feststraßen, die zu den Heiligtümern, zu den Tempeln der Götter führten. Einzelne dieser Heiligtümer genossen ja beim ganzen Volk eine weitgehende Verehrung. Man veranstaltete zu gewissen Jahreszeiten oder an gewissen Tagen besondere Festzüge, zu denen das Volk von weit herbeiströmte. Um den Festzug ungestört durchführen zu können, mußte man Straßen anlegen, man mußte vor allem dafür sorgen, daß die kostbaren Festwagen ohne Schaden zu leiden ungestört dahinfahren konnten. Dies erreichte man dadurch, daß man in die Straßen die Geleise einschnitt, deren Entfernung der Spurweite der Wagenräder entsprach. Derartige Geleise an alten Feststraßen sind heute noch in ziemlicher Menge erhalten. Ihre Spurweite ist eine verschiedene, die Tiefe der Gleisfläche beträgt ungefähr 7 cm. Wir haben also hier gewissermaßen die Vorläufer der Straßenbahn, die älteste Art der „Schienenbahn"

Digitized by Google

vor uns, jedenfalls eine Art des Straßenbaus, die auch heute noch nicht ganz aus der Welt verschwunden ist. So befindet sich, um nur ein Beispiel anzuführen, zwischen Heringsdorf und Swinemünde eine Landstraße, in die ebenfalls Geleise, allerdings aus eisernen Trägern, eingelassen sind, und auf denen die gewöhnlichen Landwagen dahinfahren. So und so oft dürften wohl Begegnungen auf der eingleisigen Strecke stattgefunden haben, woraus sich dann Ausweichstellen entwickelten, wie heute noch auf engen Gebirgspfaden. Auch die sogenannte „Trassenführung" entsprach jener, wie man sie am Anfange der Entwicklung des Eisenbahnwesens bei uns beobachten konnte. Damals führte man die Linie um alle Windungen und Kurven, um alle Hügel und sonstige Hindernisse herum, anstatt sie, wie man dies jetzt tun würde, glatt zu durchschneiden. So entstehen jene, heute noch im Betrieb befindlichen, durch ihren außerordentlichen Kurvenreichtum auffallenden Eisenbahnstrecken, wie wir sie in Deutschland vielfach finden. Auch die Griechen waren nicht imstande, größere Kunstbauten durchzuführen; sie schmiegten sich, indem sie die gerade Linie nach Möglichkeit beizubehalten suchten, doch allen Unebenheiten des Geländes an und bauten infolgedessen außerordentlich gewundene Straßen, durch die sich die Weglänge natürlich bedeutend vergrößerte. Im übrigen aber verstand man es, Felsen, soweit sie nicht zu groß waren, wegzuräumen oder einzuebnen, gute Dämme anzulegen, eine dauerhafte Straßendecke durch Pflasterung zu schaffen und die Straßen selbst künstlerisch auszugestalten, indem man an ihren Seiten Grabdenkmäler, Hermen, Brunnen usw. usw. aufstellte. Besonders bemerkenswerte Züge weist aber die Straßenbautechnik der alten Griechen nicht auf.

Die Straßen der Römer.

Diese treten uns in um so höherem und umfangreicherem Maßstabe bei den Straßenbauten der Römer entgegen, bei denen die Straßenbautechnik die höchste Stufe ihrer Entwicklung erreichte. Die Römer waren auf den Besitz guter Straßen angewiesen; nur durch ihre Schaffung und Unterhaltung vermochte das römische Weltreich zu bestehen. Roms ausgedehnter Handel stellte andere Anforderungen an die Beschaffenheit des Straßennetzes, als dies bei anderen Völkern der Fall war. Vor allem aber mußte man imstande sein, jeden Augenblick — unter Umständen mit gewaltigen Heeren — die oft weit entfernten Grenzen zu erreichen. Diese Aufgabe konnte nur durch die Schaffung eines ausgedehnten Straßennetzes gelöst werden. So geht denn die Verbreitung der römischen Herrschaft mit der gleichzeitigen Anlage von Straßen einher. Es bildete sich ein besonderer Stand der Straßenbaumeister, zahlreiche Kräfte wurden in den Dienst der Herstellung und Unterhaltung von Straßen gestellt. Zunächst einmal die Legionen selbst, denen stets Arbeit zugewiesen werden mußte, damit sie nicht durch Müßiggang zur Unzufriedenheit und zu Aufständen verleitet wurden. Dann aber mußten Sklaven sowie unterworfene Völker Hand anlegen, wenn es galt, eine Heeresstraße zu schaffen. Diese unterjochten Völker erkannten auch sehr richtig den Wert der Straßen für die Stützung der römischen Herrschaft; sie wußten, daß die Befreiung vom römischen Joche nur durch den Untergang der Straßen zu einer dauernden werden konnte. Als das römische Weltreich in Trümmer sank, war es daher bei vielen Völkern das erste, daß sie die römischen Straßen zerstörten und dadurch die Heere verhinderten, von neuem vorzudringen. Trotzdem haben sich noch zahlreiche alte Römerstraßen bis auf den heutigen Tag erhalten — der beste

Digitized by Google

Beweis für die Güte ihrer Ausführung und die hochentwickelte römische Straßenbautechnik!

Diese Technik hatte aber auch hinreichend Gelegenheit, sich im Laufe von Jahrhunderten zu großer Vollkommenheit zu entwickeln. Man schätzt die Gesamtlänge der von den Römern erbauten Straßen auf rund 76 000 km, so daß sie fast der doppelten Größe des Erdumfangs gleichkommt. Die Linienführung war derart durchgebildet, daß sie der der heutigen Eisenbahnen entspricht; man suchte den geradesten Weg beizubehalten, ganz gleich, welche Hindernisse sich auch entgegenstellten. Da wurden Felsen gesprengt, Tunnels durch Gebirge geschlagen, Dämme aufgeschüttet, Sümpfe entwässert und die Straße selbst derart gebaut, daß sie für ewige Dauer bestimmt schien. Mit Recht weist Matschoß darauf hin, daß die römischen Straßen Mauern glichen, die auf die Seite gelegt waren.

Diese hohe Straßenbautechnik hat sich aus einfachen Anfängen entwickelt. Auch im römischen Reiche wa en die ersten Straßen, wie überall, zunächst einfache Verbindungswege, die immer mehr verbessert wurden, bis schließlich eine glatte Landstraße entstand. Aber auch diese einfachen Verbindungswege scheinen schon unter dem Gesichtspunkt der ewigen Dauer hergestellt. Noch heute findet man z. B. im Großherzogtum Oldenburg altrömische Bohlwege, also Wege, die nur aus Brettern geschaffen wurden, und die Jahrhunderte überdauert haben. Das Meßtischblatt Nr. 1734 der Königlich Preußischen Landesaufnahme von 1898 enthält die Bezeichnung eines Weges als „römischer Bohlweg". Die Bohlen bestehen teils aus Eichen- teils aus Kiefernholz und sind meistens künstlich bearbeitet. Sie hatten die Form von Brettern mit dreikantigem Querschnitt. (Abb. 614.) Die Bretterbohlen lagen hart nebeneinander oder griffen etwas übereinander, so daß die dünne Seite jeder Bohle unter die dickere der darüber liegenden kam. In den weichen Moorpartien waren unter den Bohlen balkenförmige Längsschwellen angebracht. An jedem Ende der Bohle war ein drei- oder vierkantiges Loch, durch das ein zur Befestigung dienender Pflock in das Moor hineingetrieben wurde. Die Unebenheiten, die durch die keilförmige Gestalt der Bohlen entstanden, wurden durch Sand oder Erde ausgefüllt. Eine genaue Beschreibung eines solchen Bohlweges gibt Böcker:

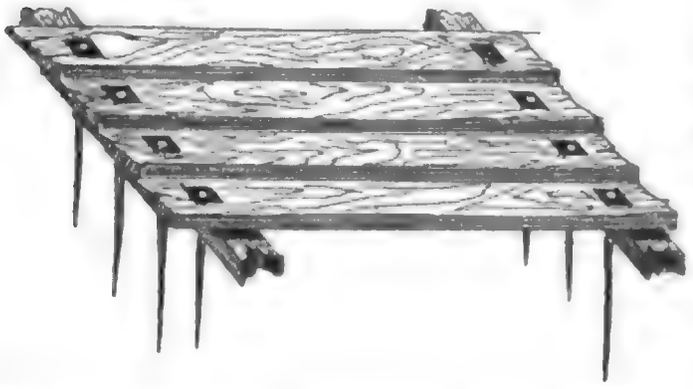


Abb. 614. Schematische Darstellung eines römischen Bohlweges.

„Bei diesem Bohlwege liegt Bohle an Bohle, etwas übereinandergreifend, ähnlich wie die Ziegel auf den Dächern. Die Bohlen sind mit der Axt bearbeitet, durch Längsschwellen und Pflöcke befestigt. Die ganze Arbeit ist sehr sorgfältig ausgeführt. Die Bohlen sind meistens aus Eichenholz angefertigt, während die Pflöcke auch aus Birken, Tannen und Erlen gewonnen sind. An dem Birkenholz ist noch die weiße Borke zu erkennen. Die Bohlen sind 3 m lang, 22 cm breit und 8 cm dick. In einer Entfernung von 22 cm von beiden Enden befindet sich ein quadratisches Loch, 10 qcm weit, durch welches ein Pflock gesteckt ist, um den Bohlen auf dem weicheren Moorboden mehr Festigkeit zu geben. Der längste Pflock ist 1,33 m lang, oben 4 cm, unten kaum

Digitized by Google

2 cm dick. Die meisten Pflöcke zeigen eine Länge von 60—100 cm; auf einigen befindet sich oben ein Kopf, welcher 7 cm breit und 10 cm lang ist. Die Pflöcke sind scheinbar mit einigen Schlägen zugespitzt, die eichenen sind etwas viereckig. Die Bohlen sind gespalten; die gespaltene Seite liegt nach oben." An einer Stelle, welche vom genannten Bohlwege ungefähr 10 Minuten entfernt ist, hat man früher schon vielfach besondere Hölzer gefunden, und es ist Böcker gelungen zu konstatieren, daß an dieser Stelle ein mit dem ersten Bohlwege mehr oder weniger parallel laufender zweiter Bohlweg sich befindet, welcher ebenfalls von Nordwesten nach Südosten führt.

Diese hier beschriebenen Bohlwege werden auch in Tacitus erwähnt, der in seinen „Annalen" (I 61) schreibt, daß Germanicus den Legaten Cäcina vorausgeschickt habe, „um die Dunkelheit des Waldes auszukundschaften und Brücken und Dämme über feuchte Sümpfe und trügerische Flächen zu bauen." Vorher aber (I 63) heißt es:

„Nachdem er (Germanicus) darauf das Heer an die Ems zurückgeführt, brachte er die Legionen auf der Flotte, wie er sie hergebracht hatte, zurück. Die Reiterei erhielt den Befehl, an den Ufern des Ozeans her nach dem Rheine zu ziehen. Cäcina, der sein eigenes Heer führte, wurde ermahnt, obwohl er auf bekannten Wegen zurückgehe, so schnell als möglich die langen Brücken — pontes longi — zu überschreiten. Es ist dies ein schmaler Pfad in ausgedehnten Sümpfen und einst von L. Domitius aufgehöht (aggeratus). Das übrige ist schlammig, zäher, anhängender Kot oder bodenloses Gewässer; herum sind allmählich ansteigende Waldungen, welche Arminius damals besetzt hielt, da er auf kürzeren Wegen und in Eilmärschen dem mit Gepäck und Waffen schwer beladenen Heere zuvorgekommen war. Cäcina überlegte, wie er die von Alter schadhaften Brücken wiederherstellen und zugleich den Feind abwehren könne; er beschloß, an der Stelle (wo der Sumpf begann, über den die langen Brücken führten) ein Lager aufzuschlagen, damit ein Teil des Heeres die Arbeit (die Wiederherstellung der Brücken) beginnen, ein anderer den Kampf aufnehmen könne."

Eine Abart der Bohlwege stellen die Pfahlwege dar, die ihrer Natur nach auf Pfähle oder Pfahlroste gelegte und oft noch mit einer Straßendecke versehene Bohlwege sind. Ein solcher bei Rödelheim gefundener Pfahlweg (Abb. 615 S. 462) hatte eine Breite von 4 m und setzte sich aus Eichenstämmen von etwa 2,20 m Höhe zusammen, die senkrecht in den Lettenboden bzw. die darunter befindliche Kiesschicht eingerammt waren. Sämtliche Pfähle waren aus in der Längsrichtung zerspaltenen Vollhölzern hergestellt, wobei mancher Stamm sechsmal gespalten worden war (siehe Abbildung). Die Pfähle standen außerordentlich nahe aneinander, ihre Kopfenden standen über die ganze Breite und Länge des Weges hinweg in gleicher Höhe. Darüber wurden in der Mitte durchgespaltene Stämme derart gelegt, daß die Spaltfläche nach unten, die Wölbung nach oben zu liegen kam. (In unserer Abbildung sind Vollstämme gezeichnet, die bei einer ersten von Cretzschmar vorgenommenen Ausgrabung ebenso wie auch bei den Pfählen selbst gefunden worden sein sollen, während weitere Forschungen dieses Ergebnis jedoch nicht bestätigten.) Diese „Deckschwellen" waren teilweise länger, als der Weg breit war. Die längeren Stücke hatten an dem über die Wegbreite hervorragenden Teil rechteckige Löcher, deren Zweck nicht genau festzustehen scheint (siehe Abbildung). Vielleicht trugen sie ein Geländer, vielleicht sollten hindurch und in den Untergrund gesteckte Pfähle ein Ausweichen der Straße nach der Seite zu, wie es unter dem Druck darüberfahrender Lasten nicht unmöglich erscheint, verhüten. Die Vertiefungen zwischen den Schwellen

Digitized by Google

waren durch Knüppel aus Erlenholz ausgefüllt. Auf dieser Unterlage befanden sich Faschinen und darüber die aus Kies bestehende Straßendecke.

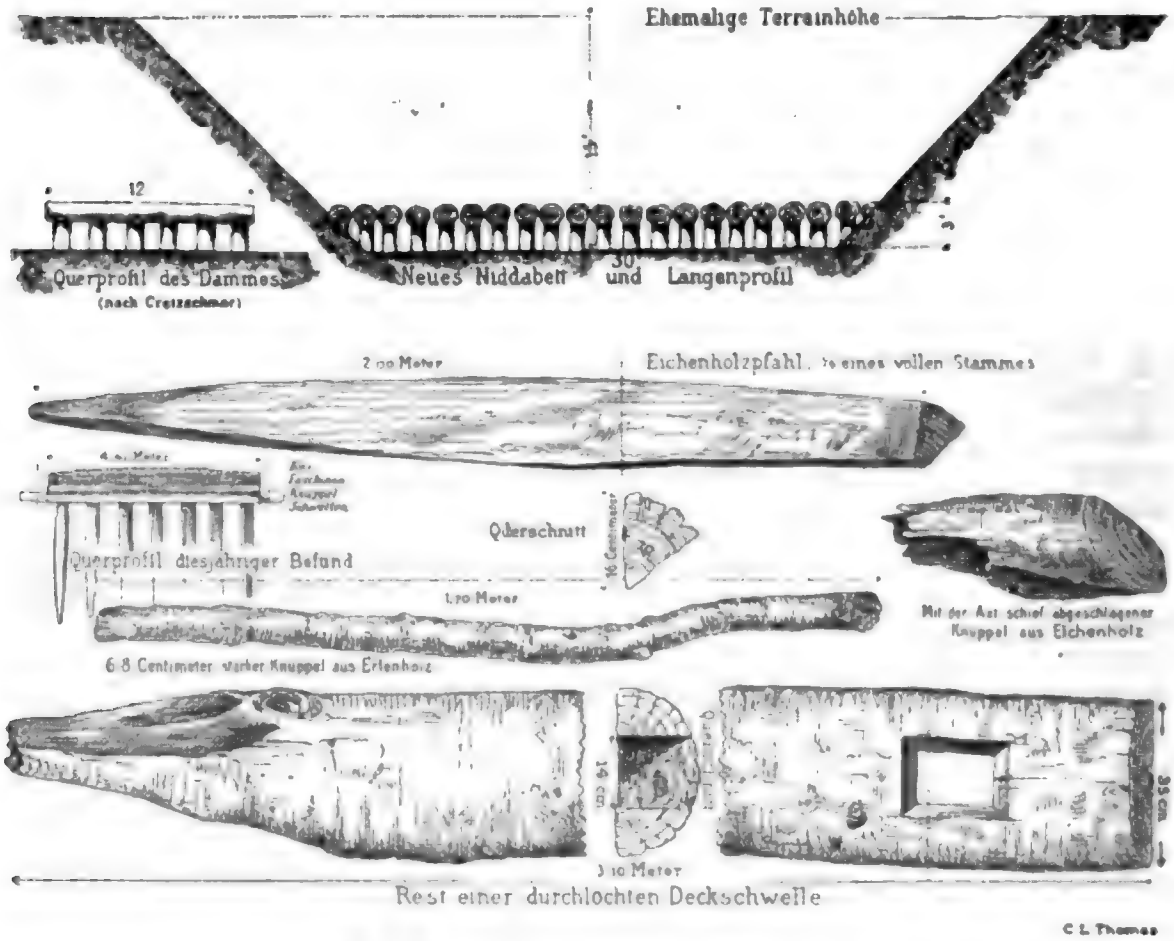


Abb. 615. Römischer Pfahlweg bei Rödelheim.

In diesen noch in der Kaiserzeit ausgeführten Bohlwegen dürfen wir wohl mit Recht eine der ältesten Arten römischer Straßenbautechnik erkennen; befanden sich doch in der Umgebung Roms zahlreiche Sümpfe, die durchquert werden mußten. Ehe man bessere Verfahren hatte, griff man wohl auch hier zur Anlage von Bohlwegen.

Später hat man dann von Rom aus, insbesondere durch die Pontinischen Sümpfe, eine bessere Straße hindurchgelegt, die in gerader Richtung nach Cumae führte, die „via Domitiana", von der uns der Dichter Statius (45—96 n. Chr.) (Silvae IV 3, 40) eine eingehende Beschreibung gibt. Nach seinen Ausführungen wurde die Straße in der Weise gebaut, daß man zunächst zwei zueinander parallel laufende Gräben (sulci) zog, die die Begrenzung der Straße bildeten und zugleich dazu dienen sollten, das von ihr ablaufende Wasser aufzunehmen und abzuführen. Dann wurde die Erde zwischen den beiden Gräben abgegraben, so daß eine breite Rinne entstand, die die Bettung aufzunehmen bestimmt war. An den Seiten dieser Rinne wurde eine Reihe großer Randsteine (umbones) gesetzt, die die seitliche Begrenzung der Bettung und zugleich die innere Grabenseite darstellten. Um sie im sumpfigen Gelände zu

Digitized by Google

Aufgang des Duodenalgekröses. Er wird durch Herabziehen desselben mit Pinzetten und stumpfes Eingehen in das Gekröse freigelegt und die Vena mesenterica inferior, welche sich in der Regel in der Nähe des Pankreas findet, durch Druck mit Finger oder Pinzette auf ihr Lumen geprüft. Ist dieses durch Thrombose verlegt, so ist die Diagnose gesichert.

Abb. 104. Pfortaderast, durch Thrombose (Pf. Th.) verlegt.

Ist die Diagnose gesichert, so wird die Vena mesenterica inferior freigelegt und ihre Wandung quer eröffnet. Nach Entfernung des Thrombus wird die Wunde durch Naht verschlossen. Ist die Diagnose nicht gesichert, so kann man die Vena mesenterica inferior unterbinden und durchschneiden, ohne daß Nachteile zu befürchten sind.

Verletzung und Zerreißung der Milz kommt vor bei Quetschungen des Leibes, bei Stoß- und Schußverletzungen, bei Zerreißung der Milz infolge von Malaria und Typhus. Blutungen aus der Milz sind meist sehr stark und gefährlich. Die Milz ist ein sehr gefäßreiches Organ, das sich bei Verletzungen nicht zusammenzieht, sondern die Blutung unterhält. Die Milz kann nicht genäht werden, sondern muß entfernt werden. Die Entfernung ist leicht. Man eröffnet die Bauchhöhle in der Linea alba, zieht die Milz vor die Wunde und unterbindet ihre Gefäße und Bänder. Blutungen aus der Milz sind meist sehr stark und gefährlich. Die Milz ist ein sehr gefäßreiches Organ, das sich bei Verletzungen nicht zusammenzieht, sondern die Blutung unterhält. Die Milz kann nicht genäht werden, sondern muß entfernt werden. Die Entfernung ist leicht. Man eröffnet die Bauchhöhle in der Linea alba, zieht die Milz vor die Wunde und unterbindet ihre Gefäße und Bänder.

pickel sehen, glauben andere, daß es sich um ein Lötrohr, wieder andere aber, daß es sich um wirklichen Essig gehandelt habe. Insbesondere hat der bekannte Forscher auf dem Gebiete der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik Hermann Schelenz eine große Anzahl von Beweisen dafür beigebracht, daß hier tatsächlich Essig angewendet wurde, der damals bereits, insbesondere in weinbauenden Gegenden, in großen Mengen hergestellt wurde. Der Verfasser wendete sich auf der Naturforscherversammlung zu Wien 1913 gegen diese Annahme und zeigte zunächst an Hand chemischer Berechnungen, daß zum Auflösen einer verhältnismäßig geringen aus Kalk bestehenden Felsenmasse so gewaltige Mengen von Essig nötig gewesen wären, daß die Möglichkeit ihres Transportes zur damaligen Zeit als völlig ausgeschlossen erscheinen muß. Des weiteren wies er nach, daß die Vornahme derartiger Lösungen von Gesteinen durch Essig das Heer in ganz ungeheurem Maße selbst dann hätte aufhalten müssen, wenn es sich auch nur um Blöcke von verhältnismäßig geringem Umfange gehandelt hätte. Hannibal brauchte zu seinem Zug über die Alpen aber nur 15 Tage. Endlich aber wurde noch der Beweis erbracht, daß ein Lösen auch aus geologischen Gründen unmöglich erscheinen muß. Der Weg, den Hannibal nahm, steht nicht genau fest. Es stehen sich auch hier die verschiedensten Ansichten gegenüber. Alle Forscher sind jedoch darüber einig, daß nur die Ostalpen bzw. gewisse Teile der östlichen Zentralalpen in Frage kommen können. Die in Betracht kommenden Wege führten aber durchweg durch Gebiete, die zu den Gneis- oder den Schieferalpen gehören, und in denen Kalkeinsprengungen selten sind. Dann ließ sich der weiche Kalk mit den damaligen Werkzeugen entschieden leichter aus dem Wege räumen als der harte Gneis, der sich in Essig überhaupt nicht auflöst, so daß schon aus diesen Gründen die Annahme der Verwendung von Essig hinfällig erscheinen muß. Da aber die Karthager diesen Unterschied zwischen Gneis und Kalk überhaupt nicht gekannt haben dürften, und da sich, wie schon erwähnt, Kalk auf ihrem ganzen Wege nur in geringen Spuren findet, so dürften sie ihre ersten Lösungsversuche unter Verwendung von Essig, wenn sie solche überhaupt anstellten, mit großer Wahrscheinlichkeit am Gneis gemacht haben. Die dann eintretende Erfolglosigkeit ihrer Bemühungen müßte sie belehrt haben, daß ein Lösen der Felsen mit Essig selbst unter Verwendung von Feuer ganz unmöglich ist. Es ergibt sich damit aus chemischen, physikalischen, technischen und geologischen Gründen, daß Hannibal keinen Essig zur Anwendung gebracht haben kann, und die betreffende Stelle in Livius erscheint somit auch heute noch vollkommen ungeklärt. Hierzu bemerkt E. O. v. Lippmann: „daß es sich bei dem fraglichen, außer bei Livius auch noch bei vielen anderen antiken Schriftstellern erwähnten Vorgange nur um die abergläubige Idee handle, daß dem Essig eine ganz besonders ‚kalte Natur‘ zukomme, und daß daher, beim Aufgießen von Essig statt Wasser auf durch sogenanntes ‚Feuersetzen‘ erhitztes Gestein, durch das Aufeinanderprallen der extremsten Gegensätze eine ganz außergewöhnliche Wirkung erzielt werden müsse. Der Aberglaube betreffs der großen ‚Kälte‘ und der aus dieser entspringenden ungeheueren ‚Kraft‘ des Essigs war im Altertum allgemein verbreitet; soll doch, wie ich a. a. O. anführte, der Feldherr Metellus sogar einen Ziegelturm über Nacht mittels Essig ‚aufgelöst‘ haben! Auch jetzt noch ist er übrigens lebendig. Ich traf in der Schweiz italienische Arbeiter, die bei Anlage eines Felsenweges das erhitzte Gestein außer mit Wasser auch noch mit etwas Essig (aus einer Glasflasche) besprengten, ‚perchè è molto più freddo‘ (‚weil er viel kälter ist‘), und dies als ein Zunftgeheimnis bezeichneten.

Digitized by Google

Daß an ein wirkliches ‚Auflösen' von Gesteinen nicht zu denken ist, ergibt für den Chemiker ohne weiteres die Rechnung: nach der Gleichung:

$$CaCO_3 + 2\,C_2H_4O_2 = (C_4H_6O_4) \cdot Ca + CO_2 + H_2O$$

sind auf 100 Teile Kalkstein 120 Teile 100proz. Essigsäure oder 2400 Teile 5proz. Essig erforderlich: Hannibal hätte also, um auch nur 1 dz Kalkstein aufzulösen, schon etwa 2,5 cbm Essig nachfahren und durch die unwegsamen Saumpfade der Westalpen transportieren müssen!"

Die Brücken.

Einen besonders bemerkenswerten Teil im Zuge der Straßen stellen die Brücken dar, die sich allerdings erst auf einer schon etwas vorgeschritteneren Stufe des Verkehrs entwickeln konnten. Zunächst dürfte man, wenn es sich um die Überschreitung eines Flusses handelt, die Furten aufgesucht haben, an denen sich dann vielfach Ansiedlungen bildeten, so daß manche Furt die Ursache zur Entstehung einer Stadt wurde. Außerdem verwendete man, um über die Flüsse zu gelangen, Fähren und schließlich Brücken. Ob die ältesten Brücken, wie man vermutet, Schiffbrücken waren, mag dahingestellt bleiben. Sehr wahrscheinlich erscheint es nicht, da sich die Brücke wohl aus einem über ein schmales Flußbett gelegten Baumstamme weiter entwickelte. War ein breiteres Flußbett zu überschreiten, so lag es nahe, so viele Baumstämme zusammenzufügen, bis die beiden Ufer verbunden waren. Das Zusammenfügen konnte durch am Ufer oder an seichten im Flusse gelegenen Stellen errichtete Stützpunkte, wie Pfähle, Felsblöcke usw. erleichtert werden. Auf diese Weise läßt sich die Entwicklung der Brücke wohl am einfachsten erklären, ohne daß es nötig ist, sie, wie dies vielfach geschieht, aus der Schiffbrücke herzuleiten.

Allerdings kamen schon sehr früh Schiffbrücken zur Verwendung. So berichtet Herodot (VII 25 ff.) von der Schiffbrücke, die der Perserkönig Xerxes über den Strymon schlagen ließ:

„Das machte er also. Es war auch Tauwerk zu den Brücken im voraus gemacht, aus Byblos und aus weißem Flachs, das war den Phönikern und den Ägyptern auferlegt, und daß sie Lebensmittel anfahren sollten, damit das Heer nicht Hunger litte, noch das Zugvieh, das mit nach Hellas getrieben wurde." (Über „Byblos" siehe S. 486.)

Ferner erzählt er (VII 36) von einer weiteren Schiffbrücke, über deren Ausführung er folgende Angaben macht:

„Die Brücken aber verfertigten andere Baumeister, und bauten auf diese Art: Sie stellten Dreiruderer und Fünfzigruderer nebeneinander, nach der Seite des Pontos Euxeinos zu dreihundertsechzig, nach der anderen Seite dreihundertvierzig, jene dem Pontos entgegen, diese mit dem Strome des Hellespontos, damit er die ausgespannten Seile in der Schwebe hielte. Darauf warfen sie Anker aus von gewaltiger Größe, an der einen Brücke nach dem Pontos zu, der Winde wegen, die von innen herauswehen, auf der anderen Brücke aber gegen Abend und das Ägäische Meer zu, des Südost- und des Südwindes wegen. Sie ließen aber eine offene Durchfahrt zwischen den Fünfzigruderern und den Dreiruderern an drei Orten, damit einer mit kleinen Schiffen nach dem Pontos hinein- und aus dem Pontos herausfahren konnte. Als sie dies getan, spannten sie vom Lande aus die Seile vermittelst hölzerner Winden an.

Digitized by Google

Doch brachten sie nicht jedes besonders an, sondern sie banden zusammen je zwei von weißem Flachs und je vier von Byblos. An Dicke und Ansehn waren sie einander gleich, aber die von Flachs waren natürlich schwerer, eine Elle davon wog ein Pfund. Und als nun die Schiffbrücke geschlagen war, sägten sie Baumstämme durch und machten sie ebenso breit wie die Brücke und legten sie in guter Ordnung über die ausgespannten Seile, und wie sie dieselben eins nach dem andern hingelegt, banden sie sie wieder fest. Als sie das getan, trugen sie Balken hinauf, und als sie auch die Balken in guter Ordnung hingelegt, trugen sie Erde hinauf, und als sie auch die Erde hinaufgebracht, machten sie ein Geländer von beiden Seiten, damit das Zugvieh und die Pferde nicht scheuten, wenn sie das Meer sähen."

Die Schiffbrücken wurden überhaupt im Altertum gern und viel angewandt, auch noch in der spätrömischen Zeit, als man schon längst gute und dauerhafte Brücken zu schlagen verstand. Die Schiffbrücke war besonders für Heereszwecke sehr geeignet; ließ sie sich doch am schnellsten herstellen und wieder abbrechen. Darum führten einzelne Heeresteile stets das zum Bau solcher Brücken nötige Material mit sich. Die Eisen und Haken, die zum Zusammenhalten der Bretter dienten, waren häufig schon vorbereitet.

Von den Heeresbrücken und überhaupt allen gewissermaßen unvorbereitet hergestellten Brücken hat ganz besonders die von Cäsar bei seinem ersten Rheinübergange geschaffene Brücke große Berühmtheit erlangt. Sie ist in neuerer Zeit öfters rekonstruiert worden, und es existieren eine ganze Anzahl Modelle von ihr. Im übrigen aber ist die Beschreibung, die Cäsar vom Brückenbau gibt, eine derart klare, daß sie für den technisch durchgebildeten Leser keinerlei Zweifel übrigläßt. Die Brücke ist deshalb ganz besonders bemerkenswert, weil sie scheinbar keinen Vorläufer hat; bezeichnet er sie doch selbst als neu. Über den Brückenbau aber berichtet er (nach Woyte):

„Aus all den erwähnten Gründen also hatte sich Cäsar dazu entschlossen, über den Rhein zu gehen. Der Übergang zu Schiff jedoch erschien ihm weder sicher genug noch mit seiner oder des römischen Volkes Würde vereinbar. Obgleich sich nun bei der Breite, der reißenden Strömung und der Tiefe des Rheins der Bau einer Brücke als überaus schwierig herausstellte, glaubte er doch, darauf bestehen oder den Übergang ganz unterlassen zu müssen.

Die Konstruktion, die er der Brücke gab, war neu und folgender Art. 1½ Fuß (etwa ½ m) dicke Pfähle, am unteren Ende ein wenig zugespitzt und je nach der Tiefe des Wassers verschieden lang, ließ er paarweise in einem Abstande von 2 Fuß (etwa 70 cm) miteinander verbinden. Diese wurden dann mit Maschinen in den Fluß hinabgelassen, festgemacht und eingerammt, aber nicht senkrecht, wie sonst Tragbalken, sondern schräg wie Dachsparren, und zwar in der Stromrichtung. Darauf wurde jedem dieser Paare gegenüber weiter flußabwärts in einer Entfernung von 40 Fuß (etwa 13 m) der Stromrichtung entgegen ein anderes in gleicher Weise verbundenes Pfahlpaar festgemacht. Diese Pfahlpaare bekamen einen festen Stand durch Holme, die, dem Abstande der Pfähle voneinander entsprechend, in einer Stärke von 2 Fuß von oben eingelassen und an den beiden Enden durch doppelte Klammern mit den Pfählen fest verbunden wurden. Da hierdurch die Pfahlpaare in gehörigem Abstand voneinander und in der Richtung, die sie gegeneinander hatten, gehalten wurden, war die Festigkeit und natürliche Beschaffenheit des ganzen Baues der Art, daß, je stärker die Strömung anprallte, die Balken um so fester ineinandergezwängt wurden. Die Pfahljoche wurden durch Längsbalken miteinander verbunden und diese wieder

Digitized by Google

mit Stangen und Flechtwerk belegt. Trotzdem der Bau schon fest genug war, wurden noch stromaufwärts Pfähle schräg eingerammt. Diese, dem Bau schützend vorgelagert und mit ihm verbunden, brachen die Gewalt der Strömung. Ebenso wurden stromaufwärts in mäßiger Entfernung von der Brücke Strebebalken eingerammt. Diese sollten für den Fall, daß der Feind Baumstämme oder Schiffe zur Zerstörung des Baues stromabwärts treiben ließ, deren Anprall mindern und die Brücke vor Beschädigung sichern.

Binnen zehn Tagen vom ersten Herbeischaffen des Baumaterials an war die Brücke fertig, und das Heer marschierte hinüber."

Wir müssen uns, wie Cohausen in seinen eingehenden Untersuchungen, denen wir nachstehend im allgemeinen, jedoch nicht in allen Punkten folgen, mit Recht betont, Cäsars Rheinbrücke als eine sogenannte „Bockbrücke" vorstellen, deren Böcke aus zwei Paaren (Abb. 629) je paarweise parallel miteinander verbundener

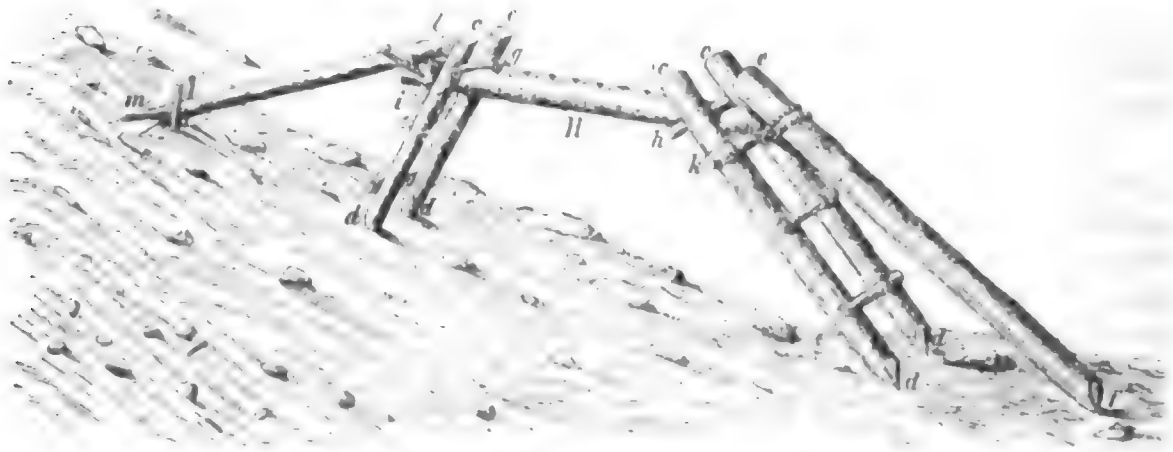


Abb. 629. Bockbrücke als Modell von Cäsars Rheinbrücke am Lande aufgestellt.

Beine (c d, c d) und einem Holm (H) bestanden. Beine und Holm, aus in der Nähe gefällten Rundhölzern bestehend, die ersteren unten zugespitzt, wurden erst an Ort und Stelle miteinander verbunden. Die Beine wurden durch einige Schläge in den Grund des Flusses eingetrieben. Ihren Halt bekam die Brücke durch die Verbindung der Böcke, die in der Weise vor sich ging, daß von Land zu Land jeder Holm mit dem folgenden durch sogenannte „Streckbalken" verbunden wurde. Außerdem wurden die Beine noch gegen den Wasserstoß verstrebt. Die Rheinbrücke besteht also unter Zugrundelegung der eben gemachten Ausführungen aus folgenden Teilen (Abb. 630): den Bockbeinen c d, die bei d angespitzt sind, den Holmen g h, die auf

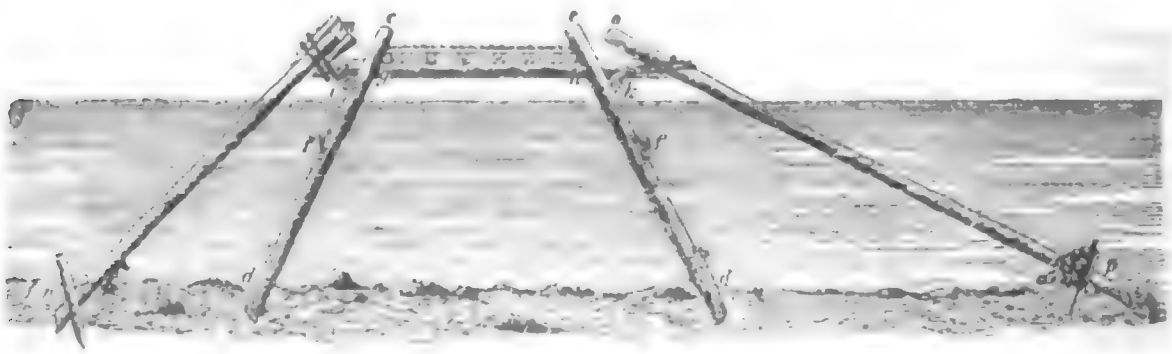


Abb. 630. Cäsars Rheinbrücke. Stromrichtung m n nach o p.

Digitized by Google

den Balken i und k aufruhen, den Klammern bei g h i k, die Beine und Holme verbinden, den unter Wasser befindlichen Verstrebungen bei d und f und den Vorrichtungen o p und m n (Gegenstreben), die die Brücke gegen im Flusse treibende Zerstörungsmittel sichern sowie eine weitere Festigung bewirken sollen. Oberhalb, stromaufwärts, müssen wir uns dann noch eingerammte Pfähle denken, also eine Art von geöffnetem Nadelwehr, die die Gewalt der Strömung brachen.

Zur Ausführung der Brücke wurden zweifellos Pontons benutzt, von denen aus man die Pfähle ins Wasser versenkte, um dann darauf den Holm zu befestigen. Ob das Einschlagen der Pfähle mit Hilfe von Hämmern oder mit Hilfe einer auf den Pontons aufgestellten Ramme geschah, berichtet Cäsar nicht. Um die Richtung genau einzuhalten, wurden wahrscheinlich von Ufer zu Ufer Richtseile gespannt, die vielleicht auch, unterstützt durch schief nach dem Ufer geführte Halte- und im Fluß angebrachte Ankertaue, zum Festhalten der Pontons während der Arbeit dienten.

Wo die Brücke gestanden hat, ist bis jetzt nicht aufgeklärt worden. Wahrscheinlich hat man die Stelle des Brückenschlages zwischen Andernach und Koblenz zu suchen. Jedenfalls stellt die im stark strömenden Rheine hergestellte Brücke der Ingenieurtechnik Cäsars und seiner Baumeister ein hohes Zeugnis aus.

Im Gegensatze zu diesen nicht für die Dauer berechneten Brücken spielten im Altertum die Dauerbrücken eine große Rolle, die wir schon im alten Babylon vorfinden. Hier befand sich wohl die älteste Brücke des Altertums, der wir eine größere technische Bedeutung zumessen können, die Euphratbrücke, die die beiden Stadthälften des alten Babylon miteinander verband und auf Nebukadnezar als Erbauer zurückgeführt wird. Der Fluß ist an jener Stelle 900 m breit. Darin wurden mehr als 100 Steinpfeiler errichtet, auf die die Brückenbahn zu liegen kam, die aus Palmbalken hergestellt sowie überdacht war und eine Breite von 9 m aufwies. So bemerkenswert diese Brücke auch als Bauwerk erscheint, so müssen gegen ihre Ausführung doch einige Bedenken technischer Art geltend gemacht werden. Zunächst einmal war, wie sich leicht berechnen läßt, der Zwischenraum zwischen den einzelnen Steinpfeilern, deren Breite unbekannt ist, nur sehr gering, vielleicht 5—6 m. Durch diese engen Durchströmungsöffnungen und die Unzahl der Pfeiler wird im Fluß ein großes Hindernis geschaffen, das zu Stauungen und bei Hochwasser zu Überschwemmungen führen kann. Außerdem verstand man damals scheinbar noch nicht im Flusse selbst zu fundamentieren. Der Fluß soll vielmehr während der Herstellung umgeleitet worden sein. Dagegen waren die Pfeiler bereits gegen die Strömung zugespitzt, so daß sich an ihrer Kante das Wasser leicht brach. An der der Strömung abgewendeten Seite waren sie stumpf. Später verbesserte man, und zwar wohl schon in Mesopotamien, den Brückenbau allmählich dadurch, daß man zu gewölbten Brückenöffnungen überging. (Abb. 631 S. 474.) Es wurde bereits oben (siehe die Abschnitte „Wasserversorgung", „Kanalisation" und „Bauausführung") so oft vom Gewölbebau und seiner Ausführung gesprochen, daß es sich wohl erübrigt, hier noch näher darauf einzugehen. Der bei den Brücken angewandte Gewölbebau unterscheidet sich in keiner Weise von jenem, wie er auch für Wasserleitungen, Kanäle usw. ausgeführt wurde. Die Zeitabschnitte der Entwicklung entsprechen auch bei den Brücken den Fortschritten des Gewölbebaus. Es dürfte daher genügen, wenn wir auf einzelne besonders bemerkenswerte Brücken des Altertums hier noch besonders hinweisen, wobei sich die Art des Gewölbeschlusses, die Ausführung der Kragung, der Bau über dem Lehrgerüst usw. aus den in den oben genannten Abschnitten bereits gemachten ausführlichen Darstellungen ja ohne weiteres ergibt.

Von den alten griechischen Brücken sind uns nur verhältnismäßig sehr wenige Überreste erhalten, die uns jedoch keinen Einblick in den Stand geben, den die Technik des Brückenbaus zur Zeit ihrer höchsten Entwicklung erreicht hatte. Dagegen zeigten sich die Römer auch auf dem Gebiete des Brückenbaus als Meister. Sie verwendeten zunächst Holzbrücken. Die älteste römische Brücke, der im Jahre 625 v. Chr. errichtete „pons Sublicius" war aus Holz hergestellt. Wie verschiedene Forscher behaupten, soll diese Brücke einen losen Brückenbelag gehabt haben, weil Eisen damals infolge religiöser Vorschriften nicht benutzt werden durfte. Später scheint man sich an diese Vorschriften nicht mehr so genau gehalten zu haben, und man stellte dann massenhaft Brücken her, bei denen die Bohlen mit Eisen befestigt waren.

Die alten Holzbrücken wichen jedoch bald den Steinbrücken, bei deren Herstellung man nach den uns schon bekannten Regeln der Baukunst verfuhr. Die Wölbung

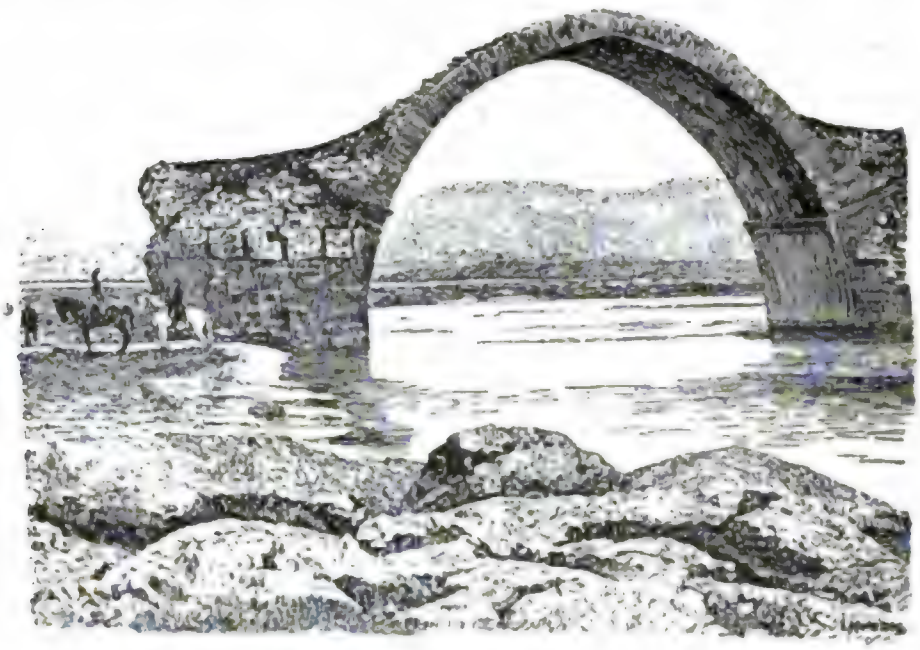


Abb. 631. Mesopotamische Bogenbrücke.
(Nach Art des Gewölbebaus hergestellt.) Alte Tigrisbrücke bei Djezireh.

wurde über einem Lehrgerüst aufgeführt, die Steine wurden in der bereits ausführlich beschriebenen Weise durch Eisenklammern, die mit Blei eingegossen wurden, miteinander verbunden. Wo Mörtel zur Anwendung kam, verwendete man entweder Gemische von Lava mit Kalkmörtel, oder man benutzte hydraulische Mörtel. So besitzt die Stadt Amalfi am Eingange des Tales von Molini eine alte Brücke wohl aus dem 5. Jahrhundert n. Chr., bei der als Verbindungsmittel natürliche Puzzolanerde verwendet wurde. Die Brücke besteht heute noch und hat sich also trotz des Fehlens aller Eisenklammern fast 1500 Jahre lang erhalten. Ihre Spannweite beträgt 7 m, die Breite 1,50 m und die Höhe über dem Flußbett ungefähr 3 m. Man sieht also, daß die Römer beim Brückenbau alle jene Mittel zur Anwendung brachten, die auch in der übrigen Baukunst Verwendung fanden.

Die alten römischen Brücken zeigen oft erstaunlich hohe Bogenwölbungen, so daß die Fahrbahn durch sie künstlich erhöht wird. Infolgedessen sind schon vorher Anrampungen nötig. Fragen wir uns nach der Ursache dieser eigenartigen Konstruk-

Literatur zum Abschnitt: „Straßen und Brücken".

von Alten, Die Bohlwege im Herzogtum Oldenburg.

Becker-Marquardt, Handbuch der römischen Altertümer. Leipzig 1834—1877.

Betonbrücke, eine ehrwürdige. Zement und Beton. 1909, S. 143.

Böcker, Damme als der mutmaßliche Schauplatz der Varusschlacht. Köln 1887.

Cäsar, De bello gallico IV, 16—19.

v. Cohausen, Cäsars Rheinbrücken, philologisch, militärisch und technisch untersucht. Leipzig 1867.

— Der römische Grenzwall in Deutschland. Wiesbaden 1884.

Cramer, Das römische Trier. Gütersloh 1911.

Curtius, E., Zur Geschichte des Wegebaus bei den Griechen. Berlin 1885.

Daremberg et Saglio, Dictionnaire des Antiquités grecques et romaines. Paris 1874—1917.

Franziß, Bayern zur Römerzeit. Regensburg 1905.

Friedenstein, Alte Römerstraße und altes Neckarbett. Frankfurter Nachrichten, 14. Oktober 1911.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.

Führer durch die Skulpturen- und Antikensammlung des Museums Wallraf-Richartz der Stadt Köln. Köln 1911.

Haarmann, Das Eisenbahngeleise. 1. Geschichtlicher Teil. Leipzig 1891.

Herodot, Geschichten, I, 1, 184; II, 7, 25.

Jacobi, Das Römerkastell Saalburg. Homburg 1897.

Katalog des Reichspostmuseums. Berlin.

Knoke, Die Kriegszüge des Germanikus in Deutschland. Berlin 1887, Nachträge 1889 und 1897.

Lehmann, Die Erschließung der Alpen im Altertum. Vortrag, gehalten im Verein der Saalburgfreunde zu Berlin am 8. Dezember 1905.

Lehmann-Haupt, Die historische Semiramis und ihre Zeit. Tübingen 1910.

— Armenien einst und jetzt. Berlin 1910.

v. Lippmann, Der Essig des Hannibal. Chemiker-Zeitung 1913, Nr. 126.

Livius, Buch 21, Kap. 37.

Matschoß, Staat und Technik. Vortrag zur Eröffnung der 52. Versammlung des Vereins Deutscher Ingenieure zu Breslau 12. Juli 1911.

Merckel, Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin 1899.

Meyer, Die römischen Alpenstraßen. Mitt. der antiquar. Gesellsch. in Zürich, Bd. 13.

Neuburger, Der Essig des Hannibal. Chemiker-Zeitung 1913, Nr. 118 und Nr. 126.

Nissen, Pompejanische Studien zur Städtekunde des Altertums. Leipzig 1877.

Nivellierinstrument, Über ein, und Tunnelbau im Altertum. Welt der Technik 1904, S. 173.

Noack, Die Baukunst des Altertums. Berlin.

Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten zu Chemnitz. Chemnitz 1896.

Quilling, Die Ausgrabungen des Vereins für das historische Museum zu Frankfurt auf dem christlichen Heddernheimer Friedhofe im Winter 1891/92 und Sommer 1892. Mitt. über römische Funde in Heddernheim. I. Frankfurt a. M. 1894.

Ramsauer, Die Alpenkunde im Altertum. Zeitschrift des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins. 32. 1901.

Ranke, Erinnerungen an die vorgeschichtlichen Bewohner der Ostalpen. Zeitschr. des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins. 30. 1899.

Reber, Des Vitruvius Zehn Bücher über die Architektur. Stuttgart 1865.

— Geschichte der Baukunst im Altertum. Leipzig 1876.

Reuleaux, Der Weltverkehr und seine Mittel. Leipzig 1889.

Römische Bohlwege im Herzogtum Oldenburg. Erläuterungen zu dem seitens der Verwaltung des Landes-Kulturfonds ausgestellten Bohlwege. Oldenburg.

Scheffel, Die Brennerstraße zur Römerzeit. Berlin 1911.

Digitized by Google

Schelenz, Felssprengen mittelst Feuer und Essig bei den Alten. Zeitschr. für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen 1909. Sonderabdruck.

Schmidt, Aus der antiken Mechanik. Leipzig 1904.

— Geschichte des Welthandels. Leipzig 1906.

Schneider, Die alten Heer- und Handelswege der Germanen, Römer und Franken im Deutschen Reiche. Düsseldorf 1882—1890.

Schuchardt, Die vermeintlichen Varusschlachthügel im Arnsberger Walde. Tägliche Rundschau, 4. Dezember 1912.

Schultze, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland und das Limeskastell Saalburg. Gütersloh 1906.

Schweiger-Lerchenfeld, Das neue Buch von der Weltpost. Wien.

Spenser Wilkinson, Hannibals March through the Alps. Oxford 1911.

Streiter, Riesenbrücken aus alter und neuer Zeit. Die Burg. 1911, S. 553.

Tacitus, Annalen.

Techniker, Der, im Altertum. Welt der Technik 1910, S. 143.

Trajansbrücke über die Donau. Prometheus 1898, S. 575.

Wiedemann, Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik bei den Arabern. Sitzungsberichte der phys.-med. Sozietät in Erlangen 1906, Band 38.

Wolff, Bericht über die Arbeiten der Ausgrabungskommission in den Jahren 1903 bis 1906. Mitt. über Römische Funde in Heddernheim. IV. Frankfurt a. M. 1907.

— Die Aufdeckung eines Römerkastells zu Marköbel bei Hanau. Didaskalia 1884, Nr. 249.

— Die römische Straße von Heddernheim nach Nied und das Heidenschloß. Mitt. über römische Funde in Heddernheim. III. Frankfurt a. M. 1900.

— Römerstraßen am Main. Didaskalia 1884, Nr. 171.

Woyte, Antike Quellen zur Geschichte der Germanen. II. Voigtländers Quellenbücher, Band 52.

Digitized by Google

besteht, angebracht. (Abb. 643.) Darauf kommt eine Schicht von Brettern. Auf diese wird Stroh, Schilf oder Moos gelegt, und damit ist dann das Fahrzeug fertig, das sowohl Personen wie Lasten trägt. Für große Transporte werden Keleks hergestellt, die oft aus 2300 derartig aufgeblasenen Hammelhäuten zusammengesetzt sind. Die Tragfähigkeit ist, wie vor allem der große Stratege Moltke bei

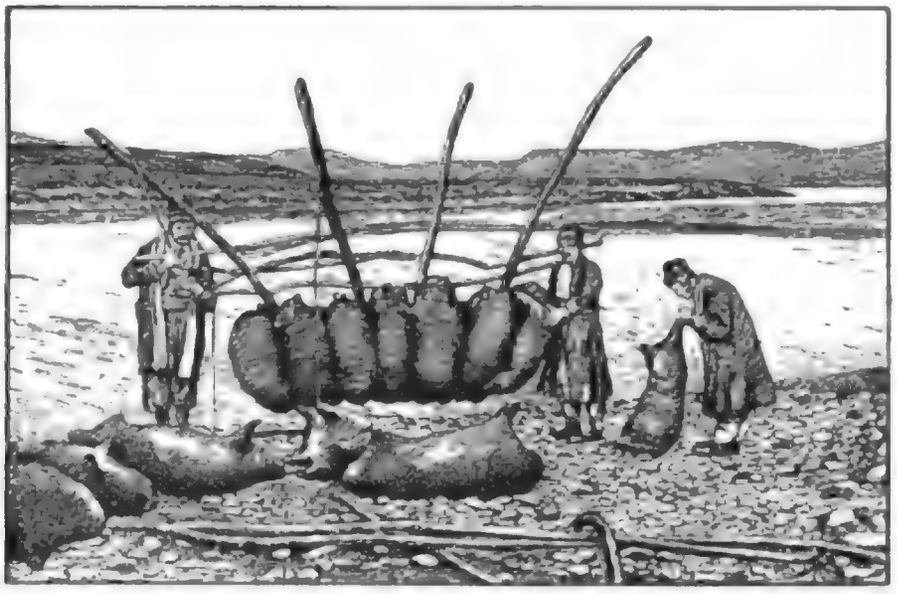


Abb. 643. Herstellung von Keleks aus „Burdjuks".

seinen Reisen erprobte, eine große. Dann gewähren die Keleks aber noch den Vorteil, daß sie auf Gebirgsströmen von ungleichmäßiger Tiefe und wechselnder Stromgeschwindigkeit ihre Insassen glücklich durch alle Stromschnellen hindurchtragen, wobei diese allerdings tüchtig herumgewirbelt, ständig gedreht und auch kräftig benäßt werden. Das einzelne Burdjuk war, wie die erwähnten assyrischen Darstellungen, sowie babylonische aus dem 9. Jahrhundert v. Chr. zeigen, aber auch als Schwimmschlauch für einzelne Personen im Gebrauch. Zu diesem Zwecke wurde die Hammelhaut zusammengenäht und unter dem Leibe festgeschnallt. Ein Mundstück scheint die Möglichkeit gegeben zu haben, durch Hineinblasen während des Schwimmens aus dem Schlauch entwichene Luft zu ersetzen. (Abb. 642 u. 645 S. 484.) Dieser mesopotamische Schwimmschlauch stellt einen Vorläufer des aus Kork hergestellten Schwimmgürtels dar, der den Römern bereits bekannt war. Camillus sandte im Jahre 390 v. Chr. einen Boten zum Kapitol, der den Tiber auf Kork durchschwamm.

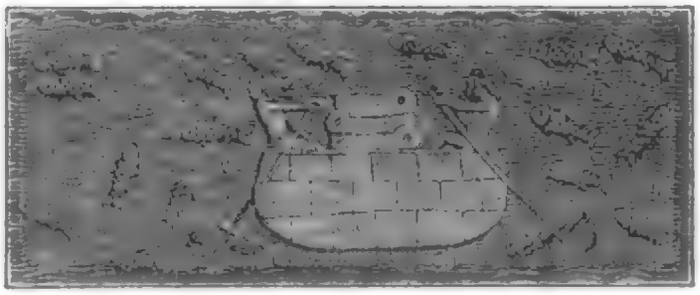


Abb. 644. Assyrisches Rundschiff. Relief aus Ninive.

Neben den Keleks besaßen die Assyrer aber auch Rundschiffe, deren Rumpf aus Tierhäuten bestand, die über ein Holzgestell oder Rohrgeflecht gespannt wurden. Solche

Digitized by Google

gründeten, der wiederum als Tochterstadt 1160 v. Chr. Gades, das heutige Cadix folgte, ein Beweis, wie große Entfernungen zu schon so früher Zeit ihre Schiffe zurücklegten. (Breusing.) Von Gades aus segelten die phönizischen Schiffe dann bis an die Küsten der Nord- und Ostsee, um von dort das Zinn und den Bernstein zu holen. Die Schiffe, die die Phönizier benutzten, hatten im Anfange wohl gleichfalls die Rundform, die uns auf den altassyrischen Darstellungen entgegentritt. Sie hießen deshalb auch γαῦλοι (gauli), eine Bezeichnung, die sich von dem eine ähnliche Form aufweisenden und ebenso benannten Melkeimer herleitet. Die „gauli" der Phönizier dienten zunächst wohl nur als Last- und Frachtschiffe, dann aber auch als Kriegsschiffe. Es ist sehr wahrscheinlich, daß sie als solche zuerst mit dem zum Rammen dienenden Sporn versehen wurden, der ums Jahr 700 v. Chr. bereits erwähnt und dann von den Griechen übernommen wird, die ihn zum ersten Male in der Seeschlacht von Kyrnos (Korsika) im Jahre 536 v. Chr. verwendeten. Vielleicht waren die phönizischen Gauli auch die ersten Schiffe, die die durch mancherlei Eigenart gekennzeichnete Segeleinrichtung erhielten. Ihre Segeleinrichtung hatte eine feste, d. h. nicht niederlegbare Raa, also eine wagerecht am Mast angebrachte Segelstange, an der das Hauptsegel befestigt war. Der Segelbaum, die wagerechte Stange am unteren Rande des Segels, fehlte. An beiden Seiten des Hecks befand sich je ein Steuerruder. In dem Maße wie die Seefahrten der Phönizier länger und weiter wurden, nimmt die Größe der Schiffe, die Zahl ihrer Ruderer und die Abmessung ihrer Takelage zu. Wir werden sehen, daß sich einzelne dieser Eigentümlichkeiten der phönizischen Schiffe auch an den Schiffen anderer Völker des Altertums, insbesondere aber an den ägyptischen und griechischen wiederfinden. Bekanntlich berichtet ja die griechische Sage von der Kultur, die von Kadmus aus Phönizien her überliefert wurde: Während er wandert, um in Europa seine von Zeus geraubte Schwester aufzufinden, gründet er eine Anzahl griechischer Städte, die er mit phönizischen Kultureinrichtungen ausstattet.

Die Schiffe der Ägypter.

Die Ägypter betrieben ihren Handel hauptsächlich auf dem Lande. Ihre Schiffahrt beschränkte sich auf den Nil und vielleicht auch noch auf das Rote Meer. Einzelne Fahrten wie z. B. die von der Königin Hathsopsitu um 1650 v. Chr. ausgerüstete Expedition von fünf Schiffen nach dem Puntlande, das wohl irgendwo an der Somaliküste zu suchen sein dürfte, sind als besondere Abenteuer aufzufassen. Trotz dieser geringen Ausdehnung ihrer Schiffahrt haben die Ägypter in bezug auf Bau und Ausrüstung der Schiffe von den Phöniziern so manches gelernt. Außerdem aber paßten sie ihre auf der so viel belebten Wasserstraße des Nils verkehrenden Schiffe den mannigfachsten Bedürfnissen an, so daß die verschiedenartigsten Schiffstypen, von der Lustjacht und dem Trauerschiff angefangen bis zum schweren Kauffahrteischiff entstehen, über die wir durch zahlreiche Darstellungen aufs eingehendste unterrichtet sind.

Über die Art und Weise, wie die ägyptischen Schiffe gebaut wurden, berichtet zunächst Herodot (II 96): „Ihre Schiffe, darauf sie ihre Lasten fahren, machen sie aus einem Dorn, der beinahe ebenso aussieht wie der Lotos in Kyrene, und es schwitzt Gummi daraus hervor. Aus diesem Dorn hauen sie Stäbe von ungefähr zwei Ellen und reihen sie wie Ziegel aneinander, und dann bauen sie das Schiff auf folgende Art: Sie befestigen die zwei Ellen langen Stäbe um dichte und lange Pflöcke. Wenn

ſie auf dieſe Art das Fahrzeug gebaut, legen ſie Querbalken darüber her, Rippen aber brauchen ſie gar nicht. Und inwendig verſtopfen ſie die Fugen mit Byblos (Byblos = griechiſche Bezeichnung der Papyrusſtaude). Dann machen ſie ein Steuer, das geht unten durch den Kiel. Auch der Maſt iſt von Dorn, und die Segel ſind von Byblos. Dieſe Fahrzeuge können nicht ſtromauf fahren, wenn nicht ein friſcher Wind geht, ſondern werden vom Lande gezogen. Stromab aber geht es alſo: Sie haben eine Hürde, die iſt von Geniſt gemacht und mit Rohr geflochten, und einen Stein, da iſt ein Loch durch und ungefähr zwei Pfund ſchwer. Die Hürde nun bindet man an ein Tau und läßt ſie ins Waſſer vorn am Schiff, und den Stein hinten an ein anderes Tau. Wenn nun der Strom die Hürde faßt, ſo geht ſie ſchnell und zieht die Baris (ſo heißt nämlich dieſe Art von Fahrzeugen), der Stein aber, der hinten im Grunde nachſchleppt, lenkt den Lauf. Solche Fahrzeuge haben ſie ſehr viele, und einige tragen viele tauſend Pfund." Dieſer Bericht des Herodot ſcheint im allgemeinen richtig zu ſein, nur läßt ſich zweifeln, ob die von ihm angegebene Tragfähigkeit der altägyptiſchen Laſtſchiffe nicht zu hoch gegriffen iſt. Da ein „Talent" (Pfund) 26,2 kg entſpricht, ſo hätten wir es hier mit Schiffen zu tun, die gewaltige Tonnenladungen (1 Tonne gleich 1000 kg) trugen. Es erſcheint, insbeſondere wenn man die heutigen Nilſchiffe und auch die alten Abbildungen in Betracht zieht, nicht ſehr wahrſcheinlich, daß die altägyptiſchen Schiffe derartige Laſten aufzunehmen vermochten. Außerdem aber ſcheint die von Herodot gegebene Darſtellung des Schiffbaues nicht das einzige in Ägypten übliche Verfahren geweſen zu ſein. Kleinere Boote, wie ſie z. B. zum Fiſchfange benutzt wurden, ſtellte man, wie uns die erhaltenen Reliefs — vor allem eines im Berliner Muſeum — erkennen laſſen, in einfachſter Weiſe durch Zuſammenbinden von Lotosſtengeln her. Aus Wandgemälden geht des weiteren hervor, daß man zur Anfertigung ſolcher Boote auch Papyrus benutzte, deſſen Stengel man mit Papyrusbändern zuſammenband. Die Angabe des Plinius (VI 22), daß derartige Papyrusboote über das Meer bis zur Inſel Taprobane (Ceylon) fuhren, beruht wohl auf einem Irrtum, der dadurch entſtand, daß die Segel der ägyptiſchen Schiffe zuweilen aus Papyrus hergeſtellt wurden. Aber auch dies geſchah verhältnismäßig ſelten. Nur einzelne Darſtellungen von Nilbooten, wie z. B. auf einem Wandgemälde zu Kom el Ahmar laſſen die Vermutung zu, daß hier ein Papyrusſegel vorliegt, das aus einzelnen Bahnen derart zuſammengeſetzt iſt, daß es durch Falten nach dieſen Bahnen gerefft und zuſammengelegt werden kann. Für gewöhnlich beſtanden die ägyptiſchen Segel aus Leinen oder anderem Stoffe. Sie wurden vielfach bemalt und bildeten einen wichtigen Handelsartikel, den insbeſondere die Phönizier in großen Maſſen bezogen. „Dein Segel war von geſtickter köſtlicher Leinwand aus Ägypten" (Heſekiel 27, 7). Außerdem benutzte man in Ägypten noch aus Palmblättern hergeſtellte Matten als Segel. Ihre Herſtellung geht aus den Wandgemälden von Theben und Beni-Haſſan mit allen Einzelheiten hervor, zeigt jedoch nichts, was nicht ſchon in dem Abſchnitt über die Herſtellung von Geweben eingehend dargelegt wäre. Im übrigen iſt zu der obigen Darſtellung des Herodot vom altägyptiſchen Schiffbau noch hinzuzufügen, daß große Laſtſchiffe auch in der jetzt noch gebräuchlichen Weiſe aus Holzplanken angefertigt wurden, die man mit Hilfe von Sägen herſtellte. Sie wurden dann mit Nägeln zuſammengenagelt. (Abb. 646 S. 487.)

Die Segelboote hatten am Heck entweder ein oder zwei Ruder, die als Steuer dienten. Sie waren auf Pfoſten aufgelegt oder an ihnen mit Stricken befeſtigt, ſo daß ſie leicht bewegt werden konnten. Oft lagen ſie auch in einem am Heck angebrachten tiefen Einſchnitte. Sowohl auf dem Steuerruder ſowie den Außenbords

Fig. 1. Photograph of the Sun taken on 1 January 1900 at 10h 30m G.M.T. with the 12-inch Equatorial of the Royal Observatory, Greenwich.

Säule. Die Form derselben, kräftiges Anschwellen, dann gradlinig zu spitzen, flach gewölbten Kuppeln, ist ebenfalls eine ganz eigenartige. Die Kuppeln sind mit Ornamenten und Figuren, die Wände mit Reliefs und Malereien bedeckt.

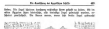


Fig. 488. Grundriss des Tempels von Karnak. Nach Prisse d'Avennes.

Fig. 489. Ansicht des Tempels von Karnak. Nach Prisse d'Avennes.

Karnak, am Nil gelegen, besteht aus einer Anzahl von Tempeln, Höfen, Hallen, Pylonen, Obelisken, Sphinxen, Kolossalstatuen, Gräbern und Grabkapellen.

Fig. 488 zeigt den Grundriss des Tempels von Karnak, Fig. 489 eine Ansicht desselben. Die Hauptanlage desselben besteht aus einer Reihe von Pylonen, Höfen und Hallen, die in der Richtung von Westen nach Osten aufeinander folgen. Vor dem ersten Pylon befindet sich eine Allee von Sphinxen, die zu einem Kai am Nil führt. Vor dem zweiten Pylon stehen zwei Obelisken, vor dem dritten zwei Kolossalstatuen. Der Eingang zu dem Tempel befindet sich zwischen dem dritten und vierten Pylon. Vor dem vierten Pylon befindet sich ein Obelisk, vor dem fünften ein Obelisk und eine Kolossalstatue. Vor dem sechsten Pylon befinden sich zwei Obelisken und zwei Kolossalstatuen. Vor dem siebenten Pylon befinden sich zwei Obelisken und zwei Kolossalstatuen. Vor dem achten Pylon befinden sich zwei Obelisken und zwei Kolossalstatuen. Vor dem neunten Pylon befinden sich zwei Obelisken und zwei Kolossalstatuen. Vor dem zehnten Pylon befinden sich zwei Obelisken und zwei Kolossalstatuen.

Fig. 490. Ansicht des Tempels von Luxor. Nach Prisse d'Avennes.

nach der dem Antlitz der Ruderer entgegengesetzten Seite bewegt, „gepullt". Die Zahl der Ruder ist oft eine sehr große. Merkwürdig ist, daß vorn am Stern fast stets ein mit einem Stabe bewaffneter Mann steht, der scheinbar das Kommando führt. Manchmal ist für ihn ein besonderer Aufbau, also eine sogenannte „Brücke" angebracht. (Abb. 650 S. 488.) Eine besondere Ausstattung zeigten natürlich die Kriegsschiffe, die unter einzelnen ägyptischen Königen, wie z. B. unter Ramses dem Großen (1392—1326 v. Chr.), in großer Zahl gebaut wurden. Unter ihm bestand die Flotte des Roten Meeres aus 400 Schiffen, die Tausende von Kriegern aufzunehmen vermochten, und die angeblich bis Indien gekommen sein soll, während die Mittelmeerflotte bis Phönizien vordrang. Das altägyptische Kriegsschiff hatte den auf uns gekommenen Darstellungen zufolge einen erhöhten Vorbau, auf dem Bogenschützen standen. Ein ähnlicher Aufbau befand sich hinten und diente gleichfalls zur Aufnahme von Bogenschützen sowie des Steuermanns. Die Ruderer waren durch eine besondere Schanzverkleidung vor den feindlichen Geschossen geschützt. Auf dem Maste war ein Mastkorb angebracht, von wo aus Schleuderer Steine gegen die Feinde schleuderten.

Ob die Ägypter den Anker gekannt haben, erscheint zweifelhaft. Auf einer uns erhaltenen Darstellung eines Lastschiffes in den Königsgräbern von Theben erkennen wir, daß man die Lastschiffe mit Hilfe von Stricken am Bollwerk festmachte, die um Haken geschlungen wurden. Derartige Haken scheinen an den Anlegestellen in ähnlicher Weise in größerer Anzahl vorhanden gewesen zu sein wie bei uns die zum Befestigen der anlegenden Schiffe dienenden Ringe.

Griechische und römische Schiffe. Das „Mittelmeerschiff".

Die griechische Schiffahrt entwickelte sich, wie schon erwähnt, aus der phönizischen. Deshalb weisen die griechischen Schiffe so manche Eigenart auf, die wir auch an den phönizischen finden. Bei den engen Beziehungen zwischen griechischem und römischem Handel kann es nicht ausbleiben, daß auch das römische Schiff mit Merkmalen ausgestattet ist, die auf phönizische Herkunft zurückzuführen sind. So ergibt sich in den Mittelmeerländern ein ziemlich einheitlicher Schiffstypus, der durch die Einfachheit und Gleichartigkeit der zum Schiffsbau verwendeten Materialien, Anlagen, Handwerkszeuge usw. usw. noch mehr gefördert wird.

Die Herstellung der Schiffe geschah auf einem besonderen Bauplatz, auf dem ein Unterbau aus Pfahlwerk errichtet wurde, die auch jetzt noch gebräuchliche „Helling" (ὁλκός). Auf dieser Helling wurde das Schiff gezimmert. Um es ablaufen lassen zu können, war sie gegen die Wasserfläche zu geneigt und länger gebaut, als es zur Aufnahme des Schiffsrumpfes nötig war. Ob mit den Hellingen ein Dock verbunden war, erscheint zweifelhaft. Im allgemeinen dockte man die auszubessernden Schiffe ja nicht. Da man sie aber, wenn sie nicht gebraucht wurden, mit Vorliebe auf das Land zog und in Schuppen unterbrachte, in denen dann wahrscheinlich auch die Reparaturen vorgenommen wurden, so kann man diese Schuppen ja schließlich auch als Docks auffassen. Um das Riesenschiff „Alexandreia" (s. unten) aufs Trockene zu schaffen, soll eine Art von Trockendock hergestellt worden sein, ein Bassin, das gegen das Meer durch einen Damm abgeschlossen wurde. Man fuhr das Schiff hinein und pumpte das Bassin aus. Das — jedenfalls durch seitliche Stützen gehaltene — Schiff lag dann auf dem Trockenen. Das Aufbewahren in Schuppen erwies sich

deshalb als nötig, weil die Schiffe, von wenigen Ausnahmen abgesehen, keine durchgehenden Decks hatten. Außerdem war ihre Außenwand in der Regel in keiner Weise geschützt. Den heute verwendeten Kupferbeschlag kannte man noch nicht. Nur in ganz vereinzelten Fällen, wie z. B. an dem 264 v. Chr. erbauten Riesenschiff „Alexandreia", war ein Beschlag aus Bleiplatten angenagelt. Infolgedessen entstanden an der Außenwand, wenn das Schiff im Wasser lag, rasch dicke Krusten, und es siedelten sich Bohrwürmer an. Innen aber blieb das Regenwasser stehen und mußte ausgeschöpft werden. Durch die Feuchtigkeit geriet das Holz rasch in Fäulnis. Alle diese Umstände machten es ratsam, die Schiffe nicht im Wasser zu belassen, sondern sie in geschützten Schuppen unterzubringen, die schon zu Homers Zeiten in Gebrauch gewesen sein dürften, wenigstens sind bei ihm die Gestelle erwähnt, auf denen die Schiffe der Phäaken ruhten (Odyssee VI 265). Auch sonst suchte man schon bei der Anlage der Werften darauf hinzuwirken, den Einfluß der Feuchtigkeit auf die Schiffe möglichst auszuschließen. Vitruv (V 12, 7) gibt an, daß die Werften nach Norden gelegen sein sollen, weil bei südlicher Lage das Holz infolge der Hitze in viel höherem Grade der Fäulnis, dem Wurmfraß und sonstigen schädlichen Einflüssen unterliege. Der Feuersgefahr wegen soll man aber die Gebäude der Schiffszimmerplätze unter Verwendung von möglichst wenig Holz herstellen.

Die Hauptarbeit auf diesen Werften oblag dem Schiffszimmermann, neben dem aber auch noch Seiler, Segelmacher, Maler, Schmiede, Lederarbeiter usw. in Tätigkeit waren. Als Rohmaterial für den Schiffsbau dienten die verschiedenartigsten Hölzer, die man teils in feuchterem, teils in möglichst ausgetrocknetem Zustande verwendete. Feuchtes Holz nahm man für die gebogenen Schiffsteile, also für Rippen und Planken, trockenes hingegen überall da, wo die Einzelteile durch Leimen verbunden werden mußten. Für Rumpf und Kiel waren hauptsächlich die Weißtanne, die Kiefer, die Steineiche und die schwarze Akazie beliebt. Die Esche diente für die Innenteile und die Kranbalken. Die Planken stellte man aus Linden- und Rotbuchenholz her, das, wie Theophrast angibt (H. pl. V 4, 4), die wertvolle Eigenschaft hatte, im Wasser nicht zu faulen. Masten und Raaen machte man aus Tannenholz, die Ruder mit Vorliebe aus dem Holze der Oliven und Pinien. Außer diesen Forschungen über das zum Schiffbau verwendete Material verdanken wir Blümner noch weitere über die Tätigkeit des Schiffszimmermanns.

Das Handwerkszeug des Schiffszimmermanns glich dem heutigen. Er handhabte die Breitaxt sowohl wie die Doppelaxt und arbeitete mit Winkelmaß, Richtschnur und Bleilot. Außerdem gehörten zu seinem Handwerkszeuge der Bohrer und der Hobel. Zum Zusammenhalten der einzelnen Schiffsteile dienten Nägel, die aus Eisen oder Bronze hergestellt waren, ferner Keile, Schrauben, Klammern, Bänder und endlich auch Leim. Eine anschauliche Schilderung der Arbeit beim Schiffsbau gibt uns Homer (Odyssee V, 243 ff.):

„Und er fällte die Bäum' und vollendete hurtig die Arbeit.
Zwanzig stürzt' er in allem, umhaute mit eherner Axt sie,
Schlichtete sie mit dem Beil und nach dem Maße der Richtschnur.
Jetzo brachte sie Bohrer, die hehre Göttin Kalypso.
Und er bohrte die Balken und fügte sie wohl aneinander
Und verband nun den Floß mit ehernen Nägeln und Klammern.
Von der Größe, wie etwa ein kluger Meister im Schiffbau
Zimmern würde den Boden des breiten geräumigen Lastschiffs,
Baute den breiten Floß der erfindungsreiche Odysseus.

Nun umstellt' er ihn dicht mit Pfählen, heftete Bohlen
Ringsherum und schloß das Verdeck mit langen Brettern.
Drinnen erhob er den Mast, von der Segelstange durchkreuzet,
Endlich zimmert' er sich ein Steuer, die Fahrt zu lenken.
Beide Seiten des Flosses beschirmt' er mit weidenen Flechten
Gegen die rollende Flut und füllte den Boden mit Ballast.
Jetzo brachte sie Tücher, die hehre Göttin Kalypso,
Segel davon zu schneiden; auch diese breitet' er künstlich,
Band die Taue des Mastes und segelwendenden Seile,
Wälzte darauf mit Hebeln den Floß in die heilige Meerflut."

Der Schiffbau und die Einrichtung der Schiffe bei Griechen und Römern.

Der Bau des Schiffes begann mit der Kiellegung. Der Kiel (ἡ τρόπις) hatte die Gestalt eines vierkantigen Balkens. Er wurde bei Handelsschiffen aus Fichtenholz, bei Kriegsschiffen hingegen, da sie stärkeren Stößen widerstehen mußten, aus Eichenholz hergestellt (Theophrast H. pl. V 8). Aber auch dieser Eichenkiel genügte nicht für alle Fälle, wurden doch die Schiffe des Altertums, da man über Nacht nicht auf dem Wasser blieb, alle Abende auf den Strand gezogen, dann wieder in die Schuppen hineingeschleift usw. usw. Außerdem geriet man in dem flachen Küstenwasser, auf dem man fuhr, so und so oft auf Grund. Es erwies sich daher als nötig, den Kiel noch einmal besonders, vor allem auch beim Ablaufen, beim Stapellauf, zu schützen. Deshalb nagelte man unter ihm noch eine starke Bohle fest, den „losen" oder „falschen Kiel". Der Kiel war an beiden Enden etwas nach oben gebogen. Mit ihm wurden, schräg nach oben strebend, die Steven verbunden, von denen der Vordersteven ziemlich steil emporstrebte und schief nach rückwärts stand. Infolgedessen wurde der Vorderteil des Schiffes spitzwinklig. Nicht immer war der Vordersteven gerade, manchmal war er auch gekrümmt. In der Regel bestand er teils, um ihn zu verstärken, teils um die Krümmung herauszubringen, aus zwei Stücken, von denen das obere als Topstück (ὁ στόλος) bezeichnet wurde. Das Topstück endigte oben in ein nach vorne herausstehendes spitzes Stück Holz, den Stevenkopf, der bei Kriegsschiffen zugleich als Stoßbalken diente, mit dem man auf feindliche Schiffe losfuhr. Da der Vordersteven also starke Stöße aushalten mußte, und da er auch bei den Kauffahrteischiffen alle das Schiff am Bollwerk, an Klippen usw. usw. treffenden Stöße auffing, so machte man ihn möglichst widerstandsfähig. Dies geschah dadurch, daß man seine einzelnen Teile nicht bloß miteinander verfalzte und zusammennagelte, sondern daß man ihn auch noch mit metallenen Schienen umkleidete. Innen, an seinem unteren Teile stemmte sich außerdem noch ein Balken, der Binnensteven, dagegen, der durch eine besondere Planke, das Stevenknie, angedrückt wurde, die dem ganzen Vordersteven einen festen Rückhalt gewährte. In ähnlicher Weise war der Hintersteven ausgestaltet, der gleichfalls mit einem Binnensteven und einem Stevenknie versehen war. Zu homerischer Zeit waren beide Steven hornartig ausgebildet, wobei die die Hörner bildenden oberen Teile der Steven entgegengesetzte Richtung hatten. Infolgedessen sah das Schiff von der Seite gesehen „doppeltgeschweift" (ἀμφιέλισσα) aus. Später gab man dem „Stolos", also dem obersten Teile des Vorderstevens, die Gestalt eines Schwanenhalses oder eines Hakens, der noch später nach rückwärts gekrümmt wird und in einen Knauf oder in eine Schnecke endigt. Der Hintersteven ist stets gegen

die Innenſeite des Schiffes zu gebogen und endigt dann in eine Art von Fächer, der aus einer Anzahl von Brettern hergeſtellt wird. (Abb. 653 u. 654.) Niemals iſt dieſer Fächer des Hinterſtevens, das ἄφλαστον, eine Windfahne geweſen, wie mehrfach behauptet wurde, denn ſonſt hätte ſie ſich ja mit dem Winde drehen, alſo wenn das Schiff z. B. gegen den Wind gerudert wurde, nach hinten ſtehen müſſen. Die Bilder zeigen aber ſtets nur einen gegen das Vorderteil des Schiffes zu gerichteten Fächer. Anſtatt des Fächers wird

Abb. 653. Griechiſche Schiffsform.
Der Hinterſteven als Fächer ausgebildet; unter dem hochbordigen gebogenen Vorderſteven der doppelt ausgebildete Stoßbalken (ſiehe Seite 497) und darunter der Sporn (ſiehe Seite 497). Nach einer kerkyräiſchen Münze.

Abb. 654. Römiſche Schiffsform.
Sehr hoher Hinterſteven, unter deſſen dachartigem Schutz der Steuermann ſitzt. Unter dem niederen Vorderſteven Stoßbalken und darunter Sporn, hinter dem das „Auge" ſitzt, deſſen Bedeutung nicht klar iſt. Von mancher Seite wird es als Schmuck, von anderer als Ankerklüſe aufgefaßt, auch ſteht nicht feſt, ob die Schiffe ein oder zwei Augen hatten. Wahrſcheinlich dürften ſie deren zwei gehabt haben, ähnlich den chineſiſchen Dſchunken, und auch die Bedeutung dürfte die gleiche geweſen ſein. Der Chineſe ſagt: „Wenn ſie keine Augen hat, kann ſie nicht ſehen, wohin ſie gehen ſoll." (Eine andere Deutung des Auges ſiehe Seite 487.) — Nach einer römiſchen Münze im Britiſchen Muſeum, London.

zuweilen auch eine andere Heckverzierung, der „Gänſekopf", verwendet (Abb. 656 S. 496 u. 661 S. 501), der aber manchmal auch die Geſtalt des Schwanenhalſes hat, wie z. B. auf dieſen beiden Abbildungen. Daß es ſich hier nur um den Hinter-, niemals aber um den Vorderſteven handeln kann, beweiſen ſchon das Steuerruder, ferner aber auch das Beiboot (Abb. 656 S. 496) uſw. Außer ſehr wichtigen Aufſchlüſſen über die Technik und Terminologie des Schiffbaus, auf die wir uns in den vorſtehenden Mitteilungen ſtützten, verdanken wir den Forſchungen von Breuſing, Luebeck und Aßmann auch noch ſolche über zahlreiche Einzelheiten, die wir den nachfolgenden Ausführungen im weſentlichen zugrunde legen.

Vom Kiel aus ſtreben ſeitwärts die U-förmig gebogenen Spanten, die Rippen des Schiffes empor, die Geſtalt und Größe des Fahrzeuges beſtimmen. Die Biegung der Spanten wird dadurch hervorgebracht, daß man mehrere Stücke zuſammenfügt, was durch Anbohren und Verbolzen ſowie Zuſammennageln geſchieht. Außerdem werden ſie, um die Fäulnis zu verhüten, noch geteert. Sie liegen mit Hilfe einer Einkerbung, die der Kielbreite entſpricht und den Kiel aufnimmt, feſt an dieſem an. Die Einkerbung hindert die ſeitliche Verſchiebung der Spanten. Um auch eine Verſchiebung nach vor- und rückwärts zu verhüten, wird das „Kielſchwein" (δευτέρα τρόπις) über ihnen angebracht, ein langer mit dem Kiel parallel laufender Balken, in dem unten Ausſparungen vorgeſehen ſind, die über die Spanten paſſen und ſie feſthalten. Die Spanten ſind alſo zwiſchen dem eigentlichen Kiel und dem Kielſchwein eingeklemmt: Der Kiel iſt von hinten her in ſie eingelaſſen, das Kielſchwein greift von oben her über ſie über. Kielſchwein und Kiel berühren ſich jedoch nicht. Zwiſchen beiden bleiben Lücken, durch die das auf dem Boden des Schiffes geſammelte Waſſer nach beiden

Seiten durchlaufen kann. Infolge dieser Anordnung läßt sich auch das stark auf der Seite liegende Schiff leicht durch Ausschöpfen entleeren, da es bequemer zugängig ist.

Auf das durch Kiel und Spanten gebildete Gerippe des Schiffes kommt dann die Beplankung, die in der Weise vorgenommen wird, daß man die einzelnen Planken in wagrechter Lage auf die Spanten aufnagelt. Die untersten Planken müssen in den Kiel, die Enden der einzelnen Plankenreihen, der „Gänge", in die Steven eingelassen werden. Zu diesem Zweck werden der Kiel und die beiden Steven mit einer entsprechenden Auskehlung versehen. Die Planken schließen mit ihren Schmalseiten dicht aneinander an. Eine Abweichung von dieser Art der Beplankung scheinen nach der oben angeführten Stelle des Herodot (II 96) die ägyptischen Schiffe gemacht zu haben, bei denen die Planken nach Art der Dachziegel übereinandergriffen. Auf den obersten Plankengang wurde ein auch auf den Spantenköpfen aufliegender starker Balken oder auch eine besonders starke Planke aufgesetzt. In ihn wurden die Löcher gebohrt, in denen die Ruderpflöcke, die Dollen, saßen, gegen die sich die Ruder stemmten, oder an denen sie, wobei die Dollen als Stützpunkt dienten, mit Hilfe einer Lederschlaufe lose befestigt waren. Altgriechische Vasenbilder wie z. B. ein solches im Britischen Museum und auch sonstige Darstellungen zeigen uns, daß auf dem eben erwähnten das eigentliche Schiffsbord bildenden starken Balken noch eine Art von Leiter aufgesetzt ist. Diese „Leitern" werden verschieden gedeutet. Während sie Konteradmiral Glatzel als Laufplanken ansieht, die beim Festmachen des Schiffes an Land den Landverkehr erleichtern, wird andererseits angenommen, daß ihre Zwischenräume dazu dienten, die Ruder hindurchzustecken, so daß also anstatt des Dollpflockes das Fach der Leiter in Wirkung trat. Diese Ansicht erscheint zwar als die berechtigtere, doch ist gegen sie immerhin noch einzuwenden, daß auf den erwähnten Darstellungen nicht ersichtlich ist, ob nicht der Dollpflock hinter der Leiter sitzt und sich auf dem Bild oder dem Relief, wie z. B. dem der Akropolis zu Athen, nur nicht genügend abhebt. (Abb. 655 S. 495.) Immerhin ist zu erwägen, daß das Bewegen des Ruders zwischen zwei eng aneinandergestellten Dollpflöcken im Altertum nicht üblich war: Man benutzte immer nur einen Dollpflock, gegen den es sich anstemmte, und an dem es durch die oben schon erwähnte Lederschlaufe festgehalten war. Um die Beplankung zu festigen, nagelte man sowohl innen wie außen am Schiffe noch stärkere Planken von geringerer Breite auf, die, sowohl in wagerechter wie senkrechter Richtung angebracht, eine Art von Gitter bildeten, in dem der eigentliche Schiffsrumpf lag.

Die Planken ließen sich nicht so dicht aneinanderfügen, daß kein Wasser eindringen konnte. Man mußte die zwischen ihnen befindlichen Fugen deshalb noch besonders dichten. Hierzu nahm man meist Werg, legte es in die Fugen und stopfte es darin unter Verwendung eines stumpfen Meißels und hölzernen Hammers fest. Dann goß man die Fuge noch mit geschmolzenem Pech oder mit einem Gemenge von Pech und Wachs, manchmal aber auch mit reinem Wachs aus. Zum Schlusse strich man die ganze Außenwand des Schiffes mit dem in den Kohlenmeilern oder in eigenen Anlagen (siehe Seite 252) gewonnenen Teer an. In vereinzelten Fällen wurden dann, um die Holzwandung des Schiffes zu schützen, noch, wie oben bereits erwähnt, Bleiplatten aufgenagelt, unter denen man eine Lage geteerter Leinwand angebracht hatte.

Diesen außenbords auszuführenden Vollendungsarbeiten schlossen sich noch einige im Innern des Schiffes an. Über dem Kiel, in dem heute „Sod" genannten Raume sammelte sich Wasser. Damit es den Verkehr im Schiffe nicht hinderte, wurde der Sod mit einer losen Lage von Brettern bedeckt, die man zum Zwecke des Ausschöpfens von Sodwasser leicht aufheben konnte. Auch Ballast in Form von Steinen, Sandsäcken

Digitized by Google

beiden Aufbauten, das Vordeck, die „Back", und das Hinterdeck, die „Schanze", ändern im Laufe der Zeiten ihr Aussehen sehr. Bald haben sie, insbesondere das Vordeck, eine Schanzverkleidung, bald wieder nehmen sie, vor allem das Hinterdeck, bei den römischen Schiffen einen besonderen Aufbau auf, der als Kapitänskajüte diente. (Abb. 656.) Diese Kajüte besteht aus einem aus Holzbalken und Holzreifen gebildeten und mit Tuch umkleideten Gestell. Vielfach findet man auch eine Galerie auf einem dieser Decks (Abb. 656, ferner Abb. 661 links usw.), dann wieder werden auf dem Vordeck Kriegsmaschinen der verschiedensten Art, insbesondere der Onager, aufgestellt; es werden hier Fallbrücken angebracht, auf denen man in das feindliche Schiff vordringt, und vor allem ist hier der Platz für den „Delphin". Dieser ist ein schwerer Eisen- oder Bleiklotz, den man auf das feindliche Schiff hinabfallen läßt, um es zu zerschmettern. Ferner finden auf dem Vordeck noch die Ankerwinden und die Einrichtungen zum Niederlegen und Aufstellen des Mastes ihren Platz.

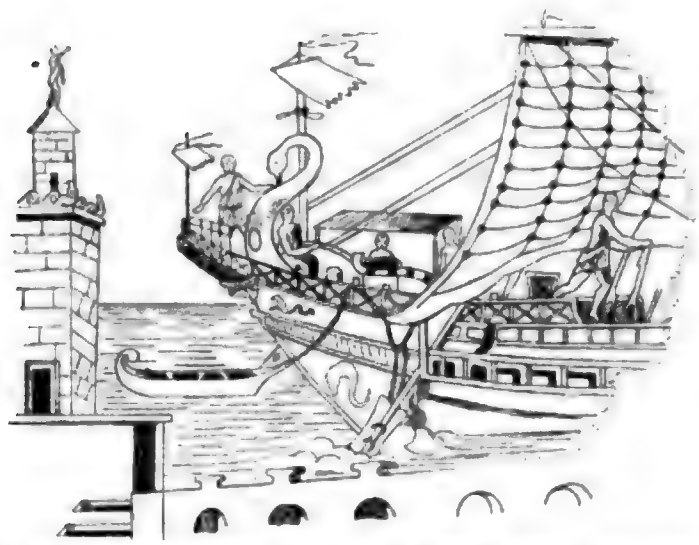


Abb. 656. Der hintere Teil eines römischen Segelschiffs. (Mosaikbild aus der Casa quirinale des Claudio Claudiano.)
Der Hintersteven endigt in den „Gänsekopf". (Siehe Seite 493.) Am Hinterdeck eine „Schanze". Um das Oberdeck läuft eine Galerie. Hinter dem Gänsekopf ein Aufbau, die „Kapitänskajüte". Der Schiffsrumpf läßt mehrere Decks übereinander erkennen. Seitenbords ein Steuerruder. Das Segel ist mit Ringen und Tauen versehen (siehe Seite 501) und etwas gerefft. Bemerkenswert ist auch das Beiboot. Links ein Leuchtturm.
Kapitolinisches Museum, Rom.

Außer bei den vollgedeckten Kauffahrteischiffen war der zwischen Vorder- und Hinterdeck befindliche Mittelraum des Schiffes zunächst offen. Er nahm die Ruderer und bei Kriegsschiffen die Soldaten auf. Um diesen beim Kampf einen günstigeren Standort zu verschaffen, legte man dann an der Innenseite des Schiffes Laufplanken entlang, die auf Stützbalken ruhten. Die Ruderer saßen zwischen diesen Laufplanken, also noch näher gegen die Mittellinie zu. Später entsteht aus den Laufplanken das Mitteldeck, das jedoch beim Kriegsschiff immer noch in der Mitte offen bleibt. Wenn auch der offene Raum immer schmäler wird, so bekommt das Kriegsschiff doch nie ein Volldeck. Dies hat seine guten Gründe: Einesteils mußte man imstande sein, den Mast umzulegen, der beim Kampfe unnötig und hinderlich war: Man bewegte die Schiffe während der Schlacht niemals durch Segel, sondern immer nur durch Ruder. Dann aber bestand ein beliebtes Kampfmittel darin, auf den Feind loszufahren und so nahe an ihm vorbeizustreifen, daß die Ruder seiner Schiffe zerbrachen. Um nun dabei nicht selbst Ruder einzubüßen und dem gleichen von feindlicher Seite her erfolgenden Streiche wirksam begegnen zu können, mußte man in der Mitte des Mitteldecks einen freien Raum haben, der es ermöglichte, die Ruder rasch einzuziehen und hochzustellen.

Unter dem Vordeck und dem Hinterdeck befanden sich Verschläge, die teils zur Aufbewahrung von Tauwerk, teils aber auch als allerdings sehr enge und unbequeme Schlafräume dienten. Auch der Trinkwasserbehälter war hier untergebracht. Bei

Digitized by Google

größeren Schiffen lief zwischen Vorder- und Hinterdeck noch eine Verschanzung herum, die verhütete, daß Wasser in das Innere des Schiffes spritzte. Bei Kriegsschiffen diente diese Verschanzung auch als Brustwehr. Während sie für gewöhnlich aus Brettern hergestellt war, die auf ein leiterähnliches Balkengerüst aufgenagelt wurden, brachte man bei Kriegsschiffen auf diesen Brettern noch eine besondere Verkleidung aus Häuten oder Tuch an, oder man belegte sie mit Schilden — alles Einrichtungen, in denen sich die feindlichen Pfeile fangen sollten. Unterhalb der Verschanzung, im Dollbord, befanden sich wahrscheinlich ovale nach außen und unten führende Löcher, die dem doch auf das Deck gelangten Wasser als Ablauf dienten, die „Speigatten".

Eine besondere an den Kriegsschiffen angebrachte Einrichtung war der **Sporn** (ἔμβολον, rostrum), eine in Anbetracht der Bauart der Fahrzeuge sehr wirksame Waffe, deren geschickte Anwendung in so mancher Seeschlacht die Entscheidung herbeiführte. Seiner Bedeutung trug man auch im gewöhnlichen Leben in mannigfacher Hinsicht Rechnung, indem man z. B. in Rom die Rednertribüne mit den Schiffsschnäbeln feindlicher Schiffe, worunter derartige Sporne zu verstehen sind, ausschmückte oder sie an Denkmälern anbrachte. Der Sporn war ein meist aus mehreren Balken zusammengesetzter starker, gewöhnlich mit drei Spitzen versehener, vor dem Bug angebrachter Vorbau. Daß er von den Phöniziern stammt, wurde bereits oben erwähnt. Zunächst lag er unter der Wasserlinie, so daß er das feindliche Schiff an einer Stelle traf, durch die Wasser ins Innere eindringen konnte. Mit der Zeit brachte man ihn jedoch immer höher an, und später liegt er stets über dem Wasser. Der Grund hierfür ist wohl darin zu suchen, daß der Rammstoß mit großer Kraft geführt werden muß. Da der Widerstand in der Luft geringer ist als im Wasser, so hinderte der unter der Wasserlinie liegende Sporn die Entfaltung der zu einem wirkungsvollen Stoße nötigen Geschwindigkeit. Infolgedessen verlegte man mit der Hauptmasse des Kriegsschiffes, das meist nur 1 m Tiefgang hatte, auch den Sporn nach oben an die Luft. Er wirkte, da das Holz und die Balken beim Stoße ja zersplitterten, trotzdem so, daß sich das vom Sporn geöffnete Leck auch bis unterhalb der Wasserlinie fortsetzte. Außer dem Sporn trug das Kriegsschiff noch eine zweite Waffe, den Stoßbalken (Abb. 657, sowie 653 u. 654 S. 493), dessen oberes Ende oft mit einem aus Holz geschnitzten Tierkopfe versehen war. Wirkte der Sporn gegen die dicht über der Wasserlinie gelegenen Rumpfteile des feindlichen Schiffes, so wirkte der Stoßbalken gegen die höheren, also gegen das Bord, die Schanzverkleidung, die Aufbauten usw. usw. Er hat aber noch einen weiteren Zweck. Der Sporn sollte das gegnerische Schiff lediglich leck machen. Drang er zu tief ein, so kam man nicht gut wieder heraus und wurde unter Umständen selbst mit in die Tiefe gezogen. Darum bremste der Stoßbalken, nachdem der Sporn weit genug eingedrungen war, dadurch, daß er an das feindliche Schiff anstieß, die weitere Vorwärtsbewegung: man konnte nun rasch wieder zurückrudern und sich aus der Nähe des gerammten Schiffes entfernen.

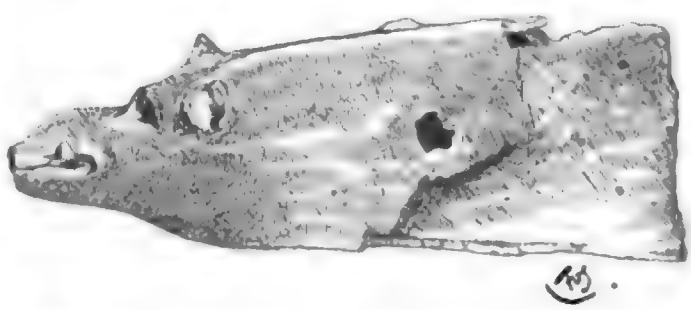


Abb. 657. Stoßbalken eines römischen Kriegsschiffs.

Die **Ruder** unterlagen im Laufe der Zeit gleichfalls mancherlei Wandlungen. Im Anfange war das Ruderblatt breit und flach. Sein Ende lief in eine Spitze aus.

Manchmal zeigte es irgendeine ornamentale Form, die oft an eine Schaufel erinnerte. Später verliert sich dieses Aussehen, das Ruderblatt wird lang und schmal. Über das Zusammenwirken von Ruder und Dollpflock wurde oben bereits alles Bemerkenswerte mitgeteilt. Das Rudern geschah in gleicher Weise wie jetzt noch: bei Booten arbeitete oft ein Mann mit zwei Rudern gleichzeitig, das größere Ruder des größeren Fahrzeugs wurde für sich von einem Mann bedient, der mit beiden Händen angriff. Ob sehr große Ruder von mehreren Ruderern bewegt wurden, die gleichzeitig daran arbeiteten, ist eine noch unaufgeklärte Frage. Bei den genannten „Vielruderern", d. h. also bei Schiffen, in denen mehrere Reihen von Rudern zur Verwendung kamen, wurden in der Schiffswand besonders starke Plankengänge angebracht, in denen besondere Pforten, die man heute „Rojepforten" nennen würde, vorgesehen waren, durch die die Ruder hindurchgesteckt wurden. Damit das Wasser nicht durch diese Pforten ins Innere des Schiffes hineinschlug, wurden sie mit Tierfellen überspannt, in denen sich ein Schlitz befand, durch den man dann das Ruderblatt und hierauf das ganze Ruder nach außen schob. Da das Blatt breiter war als der Ruderschaft, so konnte der Schlitz diesen niemals dicht umschließen. Es drang, wie uns aus mehrfachen Berichten bekannt ist, in der Tat durch den Schlitz noch oft genug Wasser ins Schiffsinnere (Appian, De rebus Syriac. 27; Lucan, Phars. III 650, 665). Die Ruderer saßen hintereinander auf Ruderbänken, über die wir eigentlich so gut wie nichts wissen. Das, was wir wissen, wie z. B. daß man die Ruderbänke mit Schafsfellen polsterte, ist in technischer Hinsicht von keinerlei Bedeutung. Nur so viel ist sicher, daß die Ruderer der Griechen und Römer ihr Gesicht dem Hinterteile des Schiffes zuwendeten, so daß sie also die Ruder durch Anziehen des oberen Schaftteiles gegen den Körper wirken ließen. Sie wurden zuweilen auf dem Lande an eigens dazu aus Balken zusammengezimmerten Modellen im Rudern geübt und arbeiteten im Schiffe nach Kommando, oft, um höhere Leistungen aus ihnen herauszuholen, unter Begleitung von Flötenmelodien.

Auf Flußschiffen scheint das Rudern vereinzelt auch in der Weise geübt worden zu sein, daß der obere Teil des Ruders von der Brust wegbewegt wurde, um die Vorwärtsbewegung im Wasser hervorzubringen. Hierauf lassen einzelne Darstellungen, wie z. B. die Abb. 658 S. 499, schließen, die einen Weintransport auf der Mosel darstellt. Das Schiff geht vorne schmal und spitz zu, ist hochbordig und mit Galerie versehen. Der Steuermann sitzt hinten.

Auch das Steuer war nichts weiter als ein Ruder und unterschied sich von diesem lediglich durch die größere Länge und Breite des Blattes. Kleinere Schiffe führten ein Steuer, das zwischen zwei Dollen oder in einem Einschnitt auf die Mitte des Hecks gelegt wurde. Man konnte das Steuerruder jedoch auch bald auf der einen bald auf der anderen Seite des Hinterstevens ins Wasser halten und auf diese auch jetzt noch bei kleineren Kähnen gebräuchliche Art steuern. Wahrscheinlich diente die im Homer (Ilias XV 728) erwähnte „Bank des Steuerers" dazu, dem Steuermanne das zu diesem Zwecke nötige Hin- und Hergehen zu erleichtern. Bei größeren Schiffen machte man sich die Sache bequemer und ersparte sich das Hin- und Hergehen sowohl wie das Ausheben und Eintauchen ein- und desselben Steuerruders auf beiden Schiffsseiten: Man brachte gleich zwei Steuerruder an, die in einem Einschnitte des Dollbords oder der Verschanzung ruhten oder durch besondere Öffnungen in der Schiffswand hindurchgeführt waren. (Abb. 660 S. 500.) Ihr oberes Ende trägt, wie jetzt auch noch, oben einen wagerechten Handgriff, die „Pinne". Die beiden Steuer wurden jedes für sich gehandhabt und arbeiteten vollkommen unabhängig voneinander. Bei ruhiger See dürfte ein Mann zu ihrer Bedienung gedient haben, bei bewegter See waren sicher-

Kiel in einem diesem aufgesetzten Balkengehäuse, der „Mastspur" auf, in das der Mastfuß eingesetzt war. Die größte Dicke des Mastes befand sich in der Höhe des Verdecks (Abb. 660 u. 661); hatte man doch die Erfahrung gemacht, daß der Mast bei vollem Winddruck auf das Segel gerade hier am leichtesten durchbrach. An beiden Seiten des Mastes waren parallel zu ihm emporstehende Balken angebracht, zwischen denen er sich derart bewegte, daß er bequem niedergelegt werden konnte. Beim Niederlegen drehte er sich nach hinten. Richtete man ihn wieder auf, so wurden um ihn und um die zu seinen Seiten stehenden Balken Schienen herumgelegt, die ihn in seiner senkrechten Stellung festhielten. Diese ganze einfache Vorrichtung, die ja auch jetzt noch auf unseren Flußschiffen gebräuchlich ist, der „Mastlöcher", gestattete ein sehr bequemes Umlegen auch verhältnismäßig hoher Maste, da sich ja der Drehpunkt der Höhe des Mastes derart anpassen ließ, daß Niederlegen und Aufrichten ohne große Kraftanstrengung vorgenommen werden konnten. Über den Mastlöcher war quer über das Schiff von Spante zu Spante noch ein Querbalken befestigt, der in der Mitte einen halbkreisförmigen Ausschnitt hatte. Dieser Ausschnitt des Querbalkens, die „Segelducht", nahm den Mast auf, der sich gegen die Ducht legte und dadurch dem Winddrucke besser widerstehen konnte. Oben am Maste waren zwei Taue befestigt, mit denen er an den beiden Seiten des Vorderschiffes befestigt war, ein drittes Tau führte nach dem Hinterschiffe. Die Maste waren im allgemeinen niedrig, der Begriff „hoher Mast" ist also eine relative Bezeichnung. Zusammengesetzte Maste kannte man nicht. Um auf den Mast hinaufzusteigen, bediente man sich der eben erwähnten Taue, an denen man emporkletterte (Abb. 661), oder es waren am Maste selbst Holzklötze angenagelt, an denen man emporsteigen konnte. (Abb. 660.) Der Gebrauch von Strickleitern, der von mancher Seite behauptet wird, ist nicht mit Sicherheit erwiesen. Oben am Maste war ein Holzklotz, der „Mastkopf" angebracht, an oder in dem die zum Aufheißen der Raa nötigen Rollen befestigt waren. (Abb. 661 S. 501). Auf größeren und Kriegsschiffen war mit dem Mastkopf ein mit Brustwehr umgebener Standplatz für Beobachter oder Soldaten verbunden, also eine Art von Mastkorb. Über dem Mastkopfe ragte dann ein Flaggenstock empor, der den „Stander" trug.

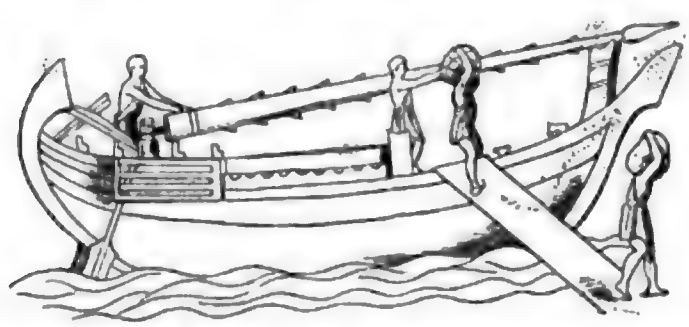


Abb. 660. Kleines römisches Schiff.
Am Hintersteven der „Fächer" (siehe Seite 493), umgelegter mit Holzklötzen versehener Mast, die zum Emporklettern dienten. Zwei Steuerruder.
Nach einem Flachrelief an der Kathedrale von Salerno.

Die Raa war meist wohl gleichfalls aus Tannenholz hergestellt, das, wie Plinius (XVI 39) angibt, sich wegen seiner Leichtigkeit besonders für sie eignete. Sie war in der Mitte am dicksten, nach den Enden zu wurde sie schwächer. Oft war sie aus zwei Stücken zusammengesetzt, die in der Mitte übereinandergelegt und zusammengebunden waren. (Abb. 661.) Der Mast trug stets nur eine einzige Raa, an der das aus Leinwand hergestellte viereckige Segel befestigt war. Die Verbindung von Raa und Mast geschah durch eine Schlinge, die von der Raa aus um den Mast herumlief, und auf der Kugeln aufgereiht waren, so daß die Raa leicht am Mast auf- und niederglitt. Die Raa konnte mit Hilfe besonderer Taue, der „Brasse" und der „Schoten", am Maste verstellt und in bezug auf ihre Lage der jeweiligen Windrichtung an-

Digitized by Google

Figure 1.1 Photograph of the Tacoma Narrows Bridge collapse.

Stab, der die Arme zwingt, sich so zu legen, daß sich ihre Enden beim Anholen des Ankerkabels in den Grund einbohren müssen. Der Ankerstock der ersten Metallanker ist aus Holz, die Anker selbst sind teils ein- teils zweiarmig. Außerdem gibt es noch Schirmanker, d. h. Anker, die in ihrer Form einem aufgespannten umgekehrten Schirme gleichen, und die auch heute noch vielfach zur Verankerung von Feuerschiffen und Bojen dienen. Das Innere dieser Schirmanker wurde mit Steinen oder Sandsäcken ausgefüllt, um ihr Gewicht zu vermehren. (Abb. 664.) Schon um 500 v. Chr. wurden Ankerbojen, mit Korkstücken gefüllte korbartige Geflechte aus Tauen (σαργάνη) verwendet, die beim Bruch des Ankertaus die Wiedererlangung des Ankers ermöglichen sollten. Der Anker wurde vom Vorderschiff aus in das Meer geworfen. Damit dabei die Schiffswand nicht verletzt wurde, hing er an einem an der Seite des Schiffes herausragenden Balken. In vereinzelten Fällen warf man ihn auch vom Hinterteil aus in die Flut. Der Anker war an einem starken Tau befestigt; eiserne Ankerketten werden zuerst von Cäsar (De bello gallico III 13) erwähnt, der berichtet, daß sich die Veneter solcher bedienten.

Die „Trierenfrage".

Je nach der Zahl der Reihen von Ruderern, die ein Schiff führte, unterscheidet man Moneren, Dieren, Trieren, Tetreren, Penteren usw. usw., Polyeren. (Abb. 655 S. 495 und Abb. 667.) Es bildet nun eine alte Streitfrage, über die seit dem Jahre 1536, wo De Baïf dieses Thema aufrollte, eine Bibliotheken füllende Literatur niedergeschrieben wurde, wie denn eigentlich die Ruderer in diesen Polyeren und vor allem in den Trieren angeordnet waren. Die ganze Frage, die sich durchaus nicht nur auf die Trieren bezieht, wird als „Trierenfrage" bezeichnet, weil in den alten Schriftstellern drei Arten von Ruderern solcher Trieren, nämlich die „Thraniten" (obere Reihe), die „Zygiten" (mittlere Reihe) und die „Thalamiten" (untere Reihe) unterschieden werden. In dieser so umfangreichen Literatur, an deren Aufstellung sich Philologen, Techniker und auch Seeleute beteiligten, kommen nun die mannigfachsten Ansichten zur Geltung, und es werden die verschiedenartigsten Zeichnungen der Sitzanordnung für Trieren und Polyeren gegeben. Von den neueren Polyerentheorien sei hier die Aßmanns (nach der Erläuterung Luebecks) angeführt: „Da nämlich bei Schiffen mit mehr als drei Ruderreihen gleichwohl stets nur von Thraniten, Zygiten und Thalamiten die Rede ist, so folgert Aßmann mit hoher Wahrscheinlichkeit, daß dem Ruderkörper

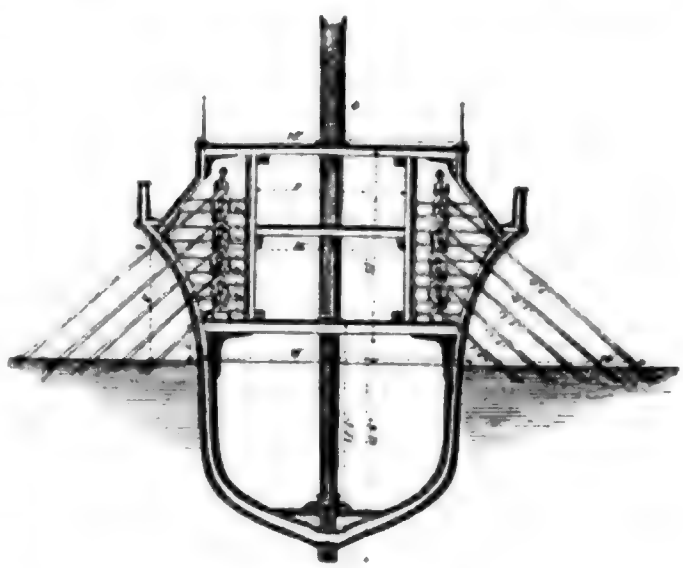


Abb. 667. Pentere.

der Polyeren ſtets die Gruppeneinheit eines Thalamiten, Zygiten und Thraniten in mehrfacher Wiederholung übereinander zugrunde lag, wobei die Rojer (Ruderer) jeder einzelnen Gruppe nicht nur über- und voreinander, ſondern zur Vermeidung übergroßer Bordhöhe und Oberlaſt zugleich, nach der Schiffsmitte zu eingerückt, ſchräg abgeſtuft nebeneinander ſaßen." Weber ſieht den Grund der Erfolgloſigkeit der Löſung des Trierenrätſels hauptſächlich in zwei Irrtümern: „daß man nicht erkannt hat, daß ἄνω und κάτω nautiſch nicht oben und unten, ſondern hinten und vorn bedeutet, und daß man überſah, daß die Alten wohl 1000mal nicht von Ruderreihen, ſondern von Reihen von Ruderern ſprechen." Er kommt auf Grund eingehender Betrachtungen zu folgenden Schlüſſen: „Die Schwere des Waſſers hebt jedes Ruderblatt an die Oberfläche und würde bei irgend erheblichem Seegange die unterſten Ruderblätter in die oberen hineinwerfen, falls es Ruderreihen gäbe. Bei einem Verweilen oder Zurückziehen im Waſſer hindert aber jedes Ruder den Lauf des Schiffes; jedenfalls müßten die oberſten Ruder ſo hoch in die Höhe gezogen werden, daß auch die unterſten über Waſſer zurückgezogen werden könnten, und dies will ſagen bei Seegang ſo hoch, daß die Blätter höher kämen als die Griffe, ein Unding von Kraft und Zeitverſchwendung. Außerdem iſt dies eine Arbeit, die weder von einem Manne mit 5 m langen noch von drei Mann mit 17 m langen Rudern geleiſtet werden kann. Dieſe Ruderarbeit korreſpondiert vielmehr mit den von den Alten angegebenen Reihenzahlen, nämlich ſo, daß zu einem Trierenrem von durchſchnittlich 5 m Länge drei Reihen und zu dem Teſſarakonterenrem von durchſchnittlich 16 m Länge vierzig Reihen — das heißt von Ruderern — gehörten" (ſ. Abb. 668).

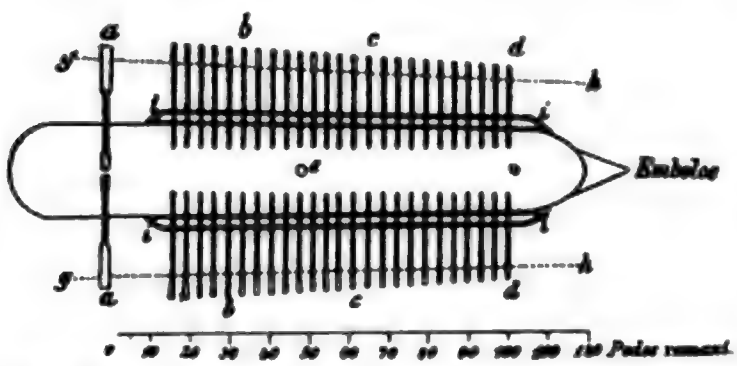


Abb. 668. Triere mit aus dem Waſſer gehobenen Rudern, die beim Herablaſſen alle gleichmäßig auf die Waſſerlinie g h einfallen. a pedalion: Steuer; b Thranitenruder; c Zygitenruder; d Thalamitenruder; e Hauptmaſt.

„Es iſt alſo unmöglich, Schiffe zu führen, deren Ruderblätter nicht eine Reihe im Waſſer bilden; wohl aber notwendig, wenn man Schiffe hat, deren Ruder nur 1 m voneinander abſtehen, dieſen Rudern im Wechſel etwas höheren und etwas niedrigeren Stützpunkt zu geben und den Sitz der Ruderer von Polſter ohne Holz anzuordnen, um Stöße und Quetſchungen zu vermeiden. Entgleitet hier ein Ruder, ſo ſchlägt es in ſeiner Ebene weiter, trifft alſo nie den Kopf des Nebenmannes, zerſchlägt nie ſein Bein, das in nachgiebigem Polſter ſteckt."

Neuerdings iſt die Trierenfrage nochmals, und zwar von Busley einer ſorgfältigen Unterſuchung unterworfen worden. Er kommt auf Grund eingehender Studien zu dem Ergebnis, daß mit den auf drei Reihen verteilten verſchieden langen Riemen bei gleichzeitiger Benutzung wohl Schlag gehalten werden konnte. Dann mußte aber bei allen Riemen das gleiche Verhältnis der inneren Schaftlänge zu der ganzen Riemenlänge vorhanden ſein, ferner war es nötig, alle Riemen bei jedem Schlage gleichzeitig einzuſetzen, und endlich mußten ſie mit ein und derſelben Geſchwindigkeit durchgezogen werden. Da die Ruderer mit den kürzeſten Riemen den kleinſten Weg beſchrieben, ſo mußten ſie eine Pauſe einhalten,

um mit den anderen Ruderern wieder in Takt zu kommen. Die Thalamiten mußten also so lange mit ihren aus dem Wasser gehobenen Riemen stillsitzen, bis die Riemen der Thraniten mit ihren Riemen in eine Richtung kamen. Dann mußten sie nach vorne schwingen und bei äußerster Auslage nochmals so lange stillsitzen, bis die Thraniten ebenfalls ganz ausgeschwungen hatten, worauf dann beide Ruderreihen gleichzeitig zu neuem Schlage einsetzten. Die Zygiten mußten, wenn ihre Riemen eine Länge hatten, die zwischen der des Thraniten- und Thalamitenriemens lag, gleichfalls bei jedem Schlage eine Zeitlang stillsitzen, jedoch nicht so lange als die Thalamiten. Die Länge der Ruhezeit stand im Verhältnis zur Länge der Riemen. Es war eine lange Übung nötig, um eine Trierenmannschaft so gut einzurudern, daß sie mit ihren verschieden langen Riemen Rammstöße ausführen konnte. Busley vermutet aber, daß die Thraniten- und Zygitenriemen gleichlang waren, wobei nicht ausgeschlossen ist, daß die Thranitenriemen breitere Blätter hatten. Infolge der gleichen Länge ihrer Riemen konnten sie leicht miteinander Schlag halten. Die Thalamiten mußten besonders darauf eingeübt werden, sich diesem Schlag anzupassen. Diese Forschungen Busleys, deren wesentliche Ergebnisse wir vorstehend wiedergegeben haben, dürften wohl die Lösung des so lange gesuchten Trierenrätsels in sich schließen.

Größe und Geschwindigkeit der Schiffe.

Die Größe der antiken Schiffe war im allgemeinen keine sehr bedeutende. Rechnet man ihre Ladefähigkeit nach heutigem Gebrauch in Tonnen (1 t = 1000 kg) um, so ergibt sich, daß große Handelsschiffe eine Tragkraft von etwa 52 Tonnen hatten. Im allgemeinen kann man wohl annehmen, daß Schiffe von über 100 Tonnen zu den Ausnahmen gehörten. Unter diesen Ausnahmen gab es allerdings solche von beträchtlicher Größe, die dann meist jedoch für besondere Zwecke gebaut waren. So hatte das von Caligula gebaute und von Plinius (XVI 40) beschriebene Schiff, das den vor dem Vatikan stehenden Obelisken aus Ägypten nach Rom brachte, den Berechnungen Aßmanns zufolge eine Ladefähigkeit von 2500 Tonnen. Der Dreimaster „Alexandreia", den Hiero von Syrakus bauen ließ, und der für alle Häfen Italiens und Siziliens zu groß war, so daß Hiero sich genötigt sah, ihn dem Könige von Ägypten Ptolemäus Philadelphus zu schenken, vermochte 60 000 Scheffel Korn, 10 000 irdene Gefäße voll gesalzener Fische und eine Unmasse anderer Vorräte zu laden. Er hatte 60 Zimmer und Säle, eine Küche, einen Garten, ein Gymnasium, eine Bibliothek, ein Badezimmer usw. usw. Aus diesen Angaben berechnet Graser, daß dieses Schiff, zu dessen Aufnahme einzig und allein der Hafen von Alexandria geeignet war, eine Ladefähigkeit von 4200 Tonnen hatte. Vom Standpunkt unserer heutigen Schiffsbautechnik aus betrachtet, gehörte es also immer noch zu den kleineren Schiffen. Die Zahl der Ruderer war je nach der Größe sehr verschieden: Die Moneren hatten bis zu 50 Ruderern, die Trieren zur Zeit des Demosthenes führten auf jeder Seite 31 Thraniten, 27 Zygiten und 27 Thalamiten; bei einzelnen großen Schiffen, wie z. B. dem Vierzigruderer (Tessarakontere) des Hiero von Syrakus stieg die Zahl aller Ruderer auf 4000. Allerdings hatte die Seitenwand dieses Schiffes, der „Alexandreia", eine Länge von 124,32 m, an der somit in jeder der 40 Reihen 50 Ruderer saßen.

Auch über die Geschwindigkeit der antiken Schiffe lassen sich sehr gut Berechnungen anstellen. Herodot (IV 86) erzählt, daß ein Schiff in den langen Tagen bei Tage 70 000 Klafter, bei Nacht 60 000 macht. Ein Segelschiff, das eine Fahrt von 9 Tagen und 8 Nächten hinter sich hat, hat in dieser Zeit 11 100 Stadien zurückgelegt, was 1300 Stadien in 24 Stunden entspricht. Es ergibt sich somit eine Geschwindigkeit von 9,6 km pro Stunde, wobei allerdings zu berücksichtigen ist, daß die Länge des Stadions nicht genau feststeht. Sie betrug für das Stadion als Wegemaß (Itinerarstadion) 240 Schritt = 157 m (nach Eratosthenes um 200 v. Chr.), während die des olympischen Stadions 192,27 m, die des römischen 185 m betrug. Dörpfeld berechnet aus den von Strabo und Ptolemäus mitgeteilten Entfernungen die Länge des Stadions auf 166 m. Aus den Angaben des Xenophon (Anabasis VI 4, 2) läßt sich für eine Triere sogar eine Geschwindigkeit von 15,3 km Geschwindigkeit pro Stunde berechnen. Ganze Flotten fahren natürlich langsamer, sie legen in der Stunde nur etwa 3,7 km zurück. Als mittlere Leistung kann man nach Weber 7,8 km pro Stunde annehmen.

Busley geht bei seinen eingehenden Betrachtungen und Berechnungen über die Geschwindigkeit der Trieren von der Zahl der in der Minute ausführbaren Schläge und der Verteilung der Zeit auf Schlag, Durchzug und Pause aus, wobei er für die Triere unter Berücksichtigung ihrer Schwere 20 Schläge in der Minute annimmt. Er kommt auf Grund dieser seiner Berechnungen sowie sonstiger Unterlagen zu folgenden Schlüssen: „Als Ergebnis der auf verschiedene Weise abgeleiteten Geschwindigkeit der Trieren erscheint daher eine mittlere nur durch Rudern erreichte Fahrt von 4 Knoten (1 Knoten = eine Seemeile = 1852 Meter auf die Stunde berechnet; 4 Knoten also 7408 Meter in der Stunde, Anm. d. Verf.) durchaus möglich. Unter Zuhilfenahme der Segel konnte auch bei günstigem, d. h. achterlichem Winde und nicht zu hoher See eine Durchschnittsfahrt von 5 Knoten innegehalten werden, was aber schon als eine besonders günstige Reisegeschwindigkeit galt. Als klassisches Beispiel hierfür läßt sich die Fahrt der Triere anführen, die 405 v. Chr. nach der den peloponnesischen Krieg entscheidenden Seeschlacht von Aegos-Potamos die Nachricht von der Niederlage nach Athen brachte. Diese Reise wird als hervorragend schnell bezeichnet, die Triere hat dabei etwa 5 Knoten gelaufen. Mehr als höchstens 6 Knoten können nur für ganz kurze Zeit unter äußerster Anspannung der Kräfte aller Ruderer erreicht worden sein, z. B. bei Ausführung eines Rammanövers während der Seeschlacht."

Literatur zum Abschnitte „Schiffe und Schiffbau" siehe hinter dem Abschnitte: „Die Häfen".

Schiffahrt.

Kunſt und Technik der Schiffahrt waren trotz des zu manchen Zeiten lebhaften Seeverkehrs im Altertume eigentlich wenig entwickelt. Man betrieb nur Küſtenſchifffahrt und traute ſich — mit Ausnahme der Phönizier — nicht auf das offene Meer hinaus. Insbeſondere die Römer fürchteten die hohe See, und wenn ſie auch im Intereſſe ihres Handels und zu Kriegszwecken große Flotten unterhalten mußten, ſo waren ſie doch niemals tüchtige Seefahrer. Ebenſowenig wie man den Mut hatte, ſich von der Küſte zu entfernen, wagte man es, bei Nacht zu fahren. Man ruderte oder ſegelte nur bei Tage an der Küſte entlang, wobei man allenfalls tief ins Land hineinreichende Buchten durch Queren abſchnitt, und zog dann am Abend die Schiffe ans Land. Trotzdem das Mittelmeer, der Hauptplatz für die antike Schiffahrt, zu den ruhigeren und wenig ſtürmiſchen Meeren gehörte, hatte man zu gewiſſen Monaten, während deren man Stürme befürchtete, doch Angſt, Seefahrten zu unternehmen. Heſiod gibt in ſeinem Kalender an, daß zwei Zeiten der Schiffahrt günſtig ſind: „Mitte Auguſt, wenn die heiße Sommerzeit zu Ende geht, dann iſt gut Wetter auf See und keine Gefahr für Schiff und Mannſchaft — es ſei denn, daß Poſeidon oder Zeus gerade jemanden vernichten wollten. Denn um dieſe Zeit iſt reine Luft und ruhige See. Aber man muß ſich mit der Rückreiſe beeilen und darf nicht bis zur Weinleſe ausbleiben. Denn dann kommen bald Südweſtwinde mit Regen und ſchwerem Seegang. Die andere Reiſezeit fällt in den Frühling. Wenn die Blätter an den jungen Trieben der Feige ſo lang ſind wie ein Krähenfuß, dann iſt das Meer fahrbar. Im Herbſt, wenn man die Plejaden vor dem Orion am Morgenhimmel untergehen ſieht, dann ſind alle Winde ſtürmiſch, und dann darf man kein Fahrzeug zu Waſſer haben, muß ſie vielmehr alle aufs Land ziehen und zudecken, damit die feuchten Winde ſie nicht verderben. Und den Pfropfen muß man herausnehmen, damit das Regenwaſſer abläuft, und das Holz nicht fault.“ Unter dieſem „Pfropfen“ iſt ein bei den kleineren Schiffen des Altertums am Boden oder neben dem Kiel angebrachter Pfropfen zu verſtehen, der in einem durch den Schiffsboden gebohrten Loche ſteckte. Zog man ihn heraus, ſo konnte das im Schiffe befindliche Waſſer ablaufen. Der Pfropfen trat natürlich nur in Tätigkeit, wenn das Schiff auf dem Lande lag.

Dieſe während des ganzen Altertums herrſchende Zaghaftigkeit, ſich dem Meer anzuvertrauen, hinderte nicht, daß doch einzelne kühne Unternehmungen durchgeführt wurden. So fuhren die Ägypter ſchon im dritten Jahrtauſend v. Chr. durch das Rote Meer nach dem Puntlande, das in Südarabien oder an der Somaliküſte lag, und etwa 600 v. Chr. ſcheinen auf Veranlaſſung des ägyptiſchen Königs Necho II. phöniziſche Schiffer von der Oſtküſte Ägyptens aus um ganz Afrika herumgefahren zu ſein. Sie kehrten im dritten Jahre nach ihrer Abfahrt durch die Säulen des Herkules, alſo durch die Straße von Gibraltar, wieder zurück. Necho II. wollte damals ſchon jenen Kanalbau ausführen, der erſt im 19. Jahrhundert durch den Kanal von Suez zur Wirklichkeit wurde, und der eine Verbindung zu Waſſer zwiſchen dem Mittelländiſchen und dem Roten Meere bezweckte. Inwieweit die Umſchiffung Afrikas bei dieſem Plane maßgebend war, läßt ſich heute nicht mehr feſt-

ſtellen, jedenfalls aber zeigt uns der Bericht des Herodot über dieſe kühne Seefahrt, daß die Phönizier auch hier ihrer bei derartigen weiten Fahrten gebräuchlichen Gewohnheit treu blieben: Sie ſtiegen irgendwo ans Land, beſtellten den Boden, ſäten und warteten dann die Ernte ab. Wenn ſie dieſe eingeheimſt und ihre Schiffe mit den Erträgniſſen neu verproviantiert hatten, ſtachen ſie wieder in See. Wie aber ſchon erwähnt, konnten vereinzelte derartige kühne Unternehmungen ebenſowenig wie der Umſtand, daß man ſpäter quer über das Meer von Italien nach Afrika oder ebenſo von Syrakus nach Malta und von hier nach Kreta ſegelte, etwas an der Tatſache ändern, daß die ganze antike Schiffahrt eine mit großer Ängſtlichkeit und vielen Vorſichtsmaßregeln durchgeführte Küſtenſchiffahrt war.

Dieſer Umſtand bewirkte auch, daß man nicht viele Nahrungsmittel mitnahm, und daß die Schiffe verhältnismäßig klein blieben. Man kam ja alle Abende an Land oder in einen Hafen, Zufluchten, die man auch bei aufziehendem Sturme ſofort aufſuchte. Hier konnte man Nahrungsmittel finden, kochen, eſſen und ſchlafen, man brauchte alſo weder viel Proviant noch bequeme Unterkunftsräume für die Mannſchaft. Die Schiffe zog man durch Menſchenkraft auf das Ufer, ſpäter benutzte man die von Archimedes erfundene Winde, die auch dazu diente, die auf der Helling fertiggeſtellten Schiffe ins Meer zu laſſen. Archimedes ſoll die Winde erfunden haben, als es ſich darum handelte, das Rieſenſchiff Alexandreia des Königs Hiero von Syrakus vom Stapel laufen zu laſſen. Wieweit man die Schiffe oft ſchleifte, läßt ſich daraus erſehen, daß nach den Berichten des Strabo (VIII 6, 4) und des Pomponius Mela (II 3) an der 6 km breiten und 79 m hohen Landenge von Korinth ein Doppelhelling (δίολκος), alſo eine Schleifbahn angebracht war, über die hinweg man die Schiffe vom Ägäiſchen ins Joniſche Meer ſchleifte.

An der Küſte entlang fuhr man ſehr vorſichtig. In unbekannten Gewäſſern bediente man ſich der Lotſen, Untiefen und Klippen waren durch Seezeichen gekennzeichnet, die den Schiffer warnten. Dieſer ſelbſt bediente ſich fleißig des Lotes, um derartige Stellen rechtzeitig zu erkennen. Flotten von mehreren Schiffen fuhren in fremden Gewäſſern in Kiellinie, wobei das erſte lotete, die übrigen warnte und, wenn nötig, die Fahrrinne durch Seezeichen deutlich erkennbar machte. Auch zum Anlaufen der Häfen bediente man ſich der Lotſen. Daß zahlreiche Wachtfeuer und Leuchttürme dem Schiffer bei eintretender Nacht als Merkmal und Warnungszeichen dienten, wurde ſchon in dem Abſchnitt über „Beleuchtung“ erwähnt (ſ. Seite 248 ff.).

Gute Landungsſtellen waren durch „Landmarken“ bezeichnet. Eine ſolche Marke in Geſtalt einer Säule von viereckigem Querſchnitt iſt uns in der ſogenannten Iliastafel des Lesches erhalten, einem aus der Zeit der erſten römiſchen Kaiſer ſtammenden Relief, das die Zerſtörung Trojas nach der „kleinen Ilias“ des Lesches (um 672 v. Chr.) darſtellt. Man hat dieſe Säule (Abb. 669) früher für einen Leuchtturm gehalten, doch iſt es Geitel gelungen, mit zwingenden Gründen nachzuweiſen, daß es ſich hier um eine „Landmarke“ handelt.

Abb. 669. Landmarke zur Kennzeichnung eines Landungsplatzes.
Rechts davon ein auf den Strand gezogenes Schiff.

Wie jetzt, ſo gab es auch damals ſchon Handbücher für die Seefahrt, unter denen das hervorragendſte der Σταδιασμὸς ἤτοι περίπλους τῆς μεγάλης θαλάσσης,

also: „Stadienfahrer oder Rundfahrt um das Mittelländische Meer" ist. Er enthält Angaben über alle Einzelheiten, die für den Seefahrer der damaligen Zeit wissenswert waren. Trotz dieser ausführlichen Angaben bringt das Buch keine eigentliche „Segelanweisung", die auch deshalb nicht nötig war, weil man nicht nach einem bestimmten Kurse über das Meer fuhr, sondern immer nur an der Küste entlang. Als Beispiel, wie die Angaben in diesem Buche gehalten sind, sei das Folgende angeführt (nach Carl Müller):

„Aus See kommend, siehst du ein niedriges Land, vor dem kleine Inseln liegen. Bist du näher gekommen, so siehst du die Stadt an der See, eine weiße Düne und einen Strand. Auch die ganze Stadt hat ein weißes Aussehen. Einen Hafen hat sie nicht, ankerst aber sicher bei Hermaion. Übrigens heißt die Stadt Leptis ....."

Von Gaphara nach Amaraia sind 40 Stadien. Das Bollwerk bietet eine Schutzwehr. Es ist Trinkwasser zu haben. Neben dem Flusse sieht man Ackerfelder. Der Hafen heißt Oionoladon ...."

„Von Thapsos nach Kleinleptis sind 170 Stadien. Es ist eine kleine Stadt. Es liegen dort Bänke über Wasser, und das Anlaufen der Stadt ist sehr schwierig ...."

„Von diesem Vorgebirge siehst du die Stadt Adrymeton in einer Entfernung von 40 Stadien. Es ist dort kein Hafen ...."

Fuhr man wirklich über See, so gestaltete sich die Orientierung sehr schwierig. Man hatte nach Breusing weder Mittel, um Entfernungen zu messen, noch kannte man den Kompaß, der die Innehaltung eines bestimmten Kurses ermöglichte. So mußte man sich nach der Sonne und den Gestirnen richten, die versagten, sobald sich der Himmel bewölkte. Dann gab wohl noch die Richtung der Wogen eine Zeitlang einen Anhalt, wohin man ungefähr steuerte, aber auch dies gewährte ja schon nach kurzer Zeit keine Sicherheit mehr. Alle diese Umstände lassen die Furcht des Altertums vor der hohen See als wohlberechtigt erscheinen. Da man nur ungefähr Kurs halten konnte, so traf man auch nie genau an den Punkt der Küste, den man ansteuern wollte, sondern gelangte meist nur in seine Nähe. Dann mußte man loten, um, sofern der Anblick der Küste keinen Anhalt gab, aus der Beschaffenheit des Grundes zu erkennen, wo man sich befand. Das Lot war unten ausgehöhlt, die Höhlung wurde mit Talg gefüllt, an dem Teile des Meeresbodens hängen blieben. Auch durch das Auffliegenlassen von Vögeln suchte man zu ergründen, in welcher Richtung das Land lag. Allmählich besserten sich ja diese Verhältnisse etwas, da man lernte, die Meeres- und Luftströmungen zu beobachten und insbesondere aus regelmäßig wehenden Winden Nutzen zu ziehen, da man ferner Seekarten anfertigte, und da man endlich mit Hilfe des Schattenstabes, des „Gnomons", die Länge des Schattens an verschiedenen Orten und für die verschiedenen Tage des Jahres festlegte. Die erhaltenen Zahlen wurden in Tabellen zusammengestellt, wie eine solche z. B. auch im Plinius (VI 33) enthalten ist. Führte das Schiff also einen Schattenstab mit sich, so konnte es aus der Länge des Schattens, aus dem Datum und aus der gleichfalls mitgeführten Tabelle die ungefähre geographische Breite bestimmen, in der es sich befand.

Sämtliche Messungen mußten aber nach den damaligen Leistungen der für die Nautik verwendeten Instrumente mehr oder minder fehlerhaft sein. So entbehrte der Schattenstab der hinlänglichen Genauigkeit zur Bestimmung der Schattenlängen. Auch seine Aufstellung war mangelhaft und auf Schiffen schwierig, denn wie sollte man den Stab auf hoher See richtig einstellen? Sie erfolgte wohl erst in späterer Zeit parallel zur Erdachse. Aber auch das ließ sich auf Schiffen nur schwer genau ausführen. Die Klepsydra (siehe Seite 229) war ein für Orientierungszwecke auf

See gleichfalls nur wenig genau arbeitendes Inſtrument. Inwieweit man beim Loten die Schiffsgeſchwindigkeit und die Abtrift in hinreichender Weiſe in Rechnung zog, erſcheint zweifelhaft. Die von Vitruv (Buch X, Kap. 9) angegebene Einrichtung zur Meſſung der Schiffsgeſchwindigkeit, die auf den Umdrehungen eines ins Waſſer eingreifenden Schaufelrades beruht, muß wohl mehr als eine geiſtvoll erdachte Spielerei, denn als für die Schiffahrt brauchbar angeſehen werden. Vitruv zieht nicht in Rechnung, daß ſich die Verhältniſſe auf dem Lande ſowie die Konſtruktion eines Taxameters oder eines Wegemeſſers für fahrende Wagen nicht ohne weiteres auf die See übertragen laſſen, wo der Anprall der Wogen gegen das Schaufelrad, wo ferner Meeresſtrömungen, Abtrift uſw. ſtörend wirken. Immerhin iſt nicht zu leugnen, daß die alten Völker trotz der Mangelhaftigkeit ihrer Verfahren und Inſtrumente in bezug auf die Orientierung auf See Vortreffliches leiſteten, ſcheinen ſie doch bei den meiſten ihrer Fahrten das Ziel ihrer Fahrt auch richtig erreicht zu haben.

Literatur zu dem Abſchnitte: „Die Schiffahrt“ ſiehe hinter dem Abſchnitte: „Die Häfen“.

Die Häfen.

Während man jetzt bei heranziehendem Unwetter die Nähe der Küste meidet und die offene See zu gewinnen sucht, wurde im Altertum der Hafen dem Schiffe die einzige sichere Zuflucht, denn auch das auf den Strand hinaufgezogene Schiff war bei starkem Sturm und hohem Wogengang gefährdet. Daher baute man die Häfen sehr sorgfältig aus, wobei man einerseits einen möglichst guten Ankergrund, andererseits möglichste Sicherheit vor feindlichen Angriffen zu gewinnen suchte. Ließ sich beides nicht vereinen, dann half man, indem man den einen oder anderen Gesichtspunkt mehr in den Vordergrund stellte, durch die verschiedenartigsten Kunstbauten nach. Mit Vorliebe wählte man zur Anlage der Häfen Buchten, die schon durch ihre Form eine Art von natürlichem Hafen bildeten. Um den Hafen gegen feindliche Überfälle zu schützen, schloß man ihn gewöhnlich in die Befestigung mit ein. Ein wichtiger, für die Anlage der Häfen maßgebender Gesichtspunkt war auch die Beschaffung von Trinkwasser. Merckel weist in seinen eingehenden Betrachtungen noch auf folgende Besonderheiten einzelner Häfen hin:

Die Phönizier waren bereits Meister des Hafenbaus, ihre Seestädte Sidon und Tyrus hatten beide große Häfen. In Sidon, das auf einer dreieckigen Landspitze liegt, erstreckten sich von dieser aus nach Norden und Süden lange Felsbänke und Inseln. Diese Inseln wurden durch Mauern fest mit den Felsbänken verbunden, und dann wurde das Ganze durch Dämme und Befestigungen gesichert. Auf diese Weise wurden zwei Häfen geschaffen. Tyrus lag auf einer Insel, die durch einen Damm mit dem Festlande verbunden wurde, und aus deren Ausbuchtungen man gleichfalls Häfen bildete.

Schon die ältesten griechischen Häfen hatten zum Teil künstliche Molen, die aus Doppelmauern bestanden. Der Zwischenraum zwischen den gewaltigen Steinen dieser Doppelmauern wurde durch Felsstücke ausgefüllt. Heute noch sind Reste derartiger Molen erhalten, die uns erkennen lassen, daß sie, wie z. B. die des Hafens von Methone, befestigt waren. (Abb. 670 bis 674 S. 512.) Die Molen hatten oft eine beträchtliche Höhe. So war die unter Polykrates (540—523 v. Chr.) aufgeführte Mole des Hafens von Samos nicht weniger als 35 m hoch. Die Länge der einen Mole des Hafens von Rhodus betrug fast 0,5 km (genau 450 m).

In ähnlicher Weise waren die Häfen der Römer vorzüglich ausgestattet. Unter ihnen erlangte vor allem der Hafen Roms, der an der Tibermündung bei Ostia gelegen war, große Bedeutung. Ursprünglich befand sich hier am Ufer nur eine Anlegestelle, die, da die Schiffe bald hier, bald dort anlegten, durch zwei Säulen enger begrenzt wurde. Der wachsende Handel und die vielen Schiffsuntergänge, die sich

Digitized by Google

den sollte, ein Werk, das jedoch nie zur Ausführung kam. Hingegen schuf man oberhalb dieses Hafens einen gewaltigen Wasserbehälter, aus dem die Kriegsflotte ihre Wasservorräte entnehmen sollte, die jetzt noch vorzüglich erhaltene, in den Berg eingehauene „Piscina mirabilis". (Siehe Abb. 586 S. 435.) Außer diesem Wunderwerke zeichnete sich der Hafen von Kap Misenum noch durch eine gewaltige Mole aus, deren einzelne aus dem dort befindlichen Tuffgestein hergestellten Blöcke eine Höhe von 8 m hatten. Die Mole selbst war 800 m lang.

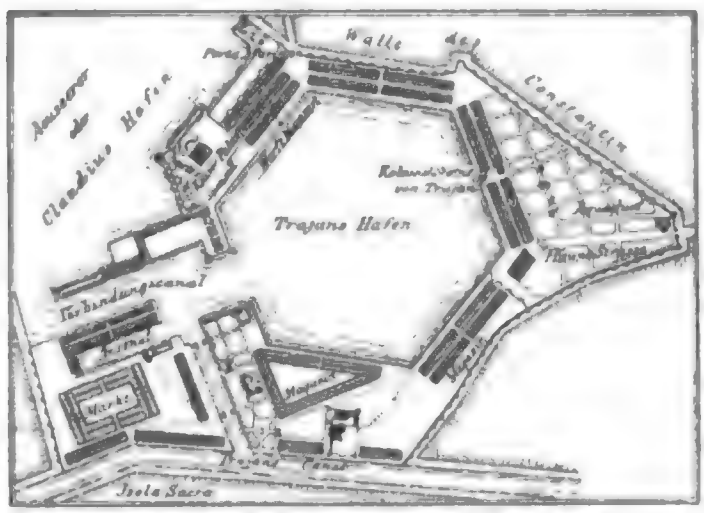


Abb. 675. Plan des Trajanshafens zu Ostia.

Um derartige Wasserbauten auszuführen, mußte man natürlich über wasserdichte Mörtel verfügen, die aber nicht immer Verwendung fanden. Manchmal begnügte man sich damit, die Blöcke einfach aufeinanderzutürmen, manchmal aber, wie z. B. bei Kap Misenum, wurde eine Art von Beton aus Puzzolanmörtel, Sand und kleinen Steinen (Kleinschlag) verwendet. Außerdem stellte man einen wasserdichten Mörtel aus reinem Kalk und Öl her. Auch die Anwendung einer Art von Senkkasten für Arbeiten im Wasser war bekannt. Man stellte sie durch Aufführung von Mauern her, die einen rechteckigen Innenraum umschlossen. Aus diesem schöpfte man dann das Wasser aus und füllte ihn mit Steinen oder Mauerwerk an. Zur Fundierung mancher Molen nahm man gewaltige Aufschüttungen vor, wobei man so lange Steine und Geröll ins Meer versenkte, bis ein fester Damm entstanden war, auf dem man die eigentliche Mole aufführen konnte. Manchen Häfen führte man, um sie von Unrat zu reinigen, abgeleitete Bäche mit starkem Gefälle zu, die alle Verunreinigungen ins Meer hinausschwemmten. Die Hafeneinfahrt machte man, um sie gut verteidigen zu können, möglichst eng. Einfahrten von 97 m Weite, wie z. B. die des Kriegshafens von Zea bei Athen (Abb. 355 S. 275), gehören zu den Seltenheiten. Gewöhnlich war die Hafeneinfahrt noch durch Befestigungen geschützt und so eingerichtet, daß man sie durch Ketten, Querbalken oder Tore absperren konnte. Gut ausgestattete Häfen, wie z. B. der von Ostia, waren reichlich mit Kranen, Winden und sonstigen Einrichtungen zum Löschen der Ladungen ausgestattet.

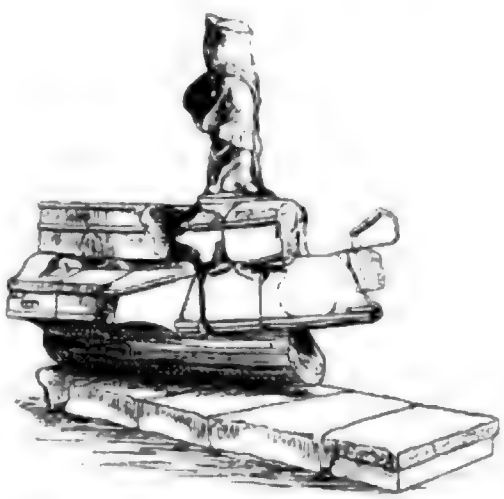


Abb. 676. Die Nike von Samothrake auf der Prora (Vorderteil) eines Schiffes stehend.

Diese riesige Siegesgöttin wurde um 300 v. Chr. von Demetrios Poliorketes für einen Seesieg errichtet.

Literatur zu den Abſchnitten: „Schiffe und Schiffbau", „Die Schiffahrt" und „Die Häfen".

Anonymus, Der Rammſporn. Das Große Weltpanorama. 11. Jahrg., S. 291.

Arenhold, Die hiſtoriſche Entwicklung der Schiffstypen vom römiſchen Kriegsſchiff bis zur Gegenwart. Kiel und Leipzig 1891.

Aßmann, Das Floß der Odyſſee. Berlin 1904.

— Seeweſen. In: Baumeiſter, Denkmäler des klaſſiſchen Altertums. München und Leipzig 1888.

— Zur Kenntnis der antiken Schiffe. Jahrb. d. Kaiſerl. deutſchen arch. Inſtituts 1889, 2. Heft.

Bayfii Lazari, De re navali. Baſel 1537.

Benndorf, Neue archäologiſche Unterſuchungen auf Samothrake. Wien 1880.

Berghaus, Geſchichte der Schiffahrtskunde. Leipzig 1792.

Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künſte bei Griechen und Römern. II. Band. Leipzig 1879.

Boeth, Urkunden über das Seeweſen des attiſchen Staates. Berlin 1840.

Breuſing, Die Nautik der Alten. Bremen 1886.

Busley, Schiffe des Altertums. Sonderabdruck nach einem Vortrag auf der 20. Ordentlichen Hauptverſammlung der Schiffbautechniſchen Geſellſchaft. März 1919.

Cartault, La trière athénienne. Paris 1881.

Daremberg et Saglio, Dictionnaire des Antiquités grecques et romaines. Paris 1874—1917.

Diels, Die antike Uhr. In: Diels, Antike Technik. Leipzig und Berlin 1920.

Droyſen, Griechiſche Kriegsaltertümer. In: Hermann, Lehrbuch der griechiſch. Antiquitäten. Band II. Freiburg i. B. 1889.

Dümichen, La flotte d'une reine égyptienne au XVII siècle avant notre ère. Leipzig 1868.

Fincati, Le triremi. Roma 1881.

Friedländer, Darſtellungen aus der Sittengeſchichte Roms. Leipzig 1888—1890.

Friedrichſon, Geſchichte der Schiffahrt. Hamburg 1890.

Geitel, Die Entwicklung der Leuchtfeuer. Polytechniſches Zentralblatt 1900, Nr. 22, S. 235.

Glatzel, Das Meer als Mittel des Völkerverkehrs und als Kampffeld. In: Krämer, Der Menſch und die Erde. Band X.

Graſer, De veterum re navali. Berlin 1864.

— Meine Meſſungen in altatheniſchen Kriegshäfen. Philologus, Band 31, S. 1ff.

Haack, Über attiſche Trieren. Zeitſchrift des Vereins deutſcher Ingenieure 1895.

Herodot, Geſchichten. I, 194; II, 96; IV, 42, 44.

Hoppe, Die Zeitmeſſung im Altertum, Mitteilungen der Mathematiſchen Geſellſchaft in Hamburg. Band 5, S. 261. Referat in: Mitteilungen zur Geſchichte der Mathematik und der Naturwiſſenſchaften 1919, Bd. XVIII, Nr. 3 (82), S. 205.

Hüllmann, Über die Entwicklung des Kriegsſchiffs. Feſtrede zur Feier des Geburtstags Sr. Majeſtät des Kaiſers und Königs in der Techniſchen Hochſchule Berlin 1918.

Jal, Archéologie navale. Paris 1840.

Konyenburg, van, L'Architecture navale depuis ses origines. Brüſſel 1913.

Kopecky, Die attiſchen Trieren. Leipzig 1890.

Köſter, Die Nautik im Altertum. Berlin 1914.

Krauſe, Das europäiſche Klima im letzten vorchriſtlichen Jahrtauſend. Naturwiſſenſchaftliche Wochenſchrift 1913, S. 688ff.

Lanard, Nineve und Babylon, überſetzt von Zenker, Leipzig.

— The monuments of Niniveh. London 1853.

Lehmann-Haupt, Armenien einſt und jetzt. Berlin 1910.

— Die hiſtoriſche Semiramis und ihre Zeit. Tübingen 1910.

Le Roy, Memoires sur la marine des anciens. Paris 1783.

Luebeck, Das Seewesen der Griechen und Römer. Hamburg 1890 u. 1891.
Marquardt-Mau, Das Privatleben der Römer. Leipzig 1886.
Maspero, Geschichte der morgenländischen Völker im Altertum. Leipzig 1877.
Merckel, Die Ingenieurtechnik im Altertum. Berlin 1899.
Moll, Die Entwicklung des Schiffsankers und die Grundlagen moderner Anker. Vortrag auf der XIX. ordentl. Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft zu Berlin am 23. November 1917.
— Die Entwicklung des Schiffsankers bis zum Jahre 1500 n. Chr. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Berlin 1919, Bd. 9, S. 41.
Pietschmann, Geschichte der Phönizier. In: Oncken, Allgemeine Geschichte in Einzeldarstellungen. Berlin 1878—1894, Band IV.
Pregél, Die Technik im Altertum. Sonderabdruck aus dem Jahresbericht der technischen Staatslehranstalten in Chemnitz. Chemnitz 1896.
Richter, Die römische Rednerbühne. Jahrb. d. kaiserl. deutsch. arch. Instituts. 1889, Heft 1.
Schoy, Der Gnomon. Aus der Naturzeitschrift für mathematischen und erdkundlichen Unterricht. Jahrg. 14. Leipzig 1918. S. 279 ff.
Schubart, Ein Jahrtausend am Nil. Berlin 1912.
Schuchardt, Der Busch als Segel. Prähistorische Zeitschrift. 1918, S. 178.
Serre, Les marines de guerre de l'antiquité et moyen-âge. Paris 1885—1891.
Spieß, Archimed von Syrakus. Akademische Antrittsrede. Mitteilungen zur Geschichte der Medizin u. der Naturwissenschaften. Leipzig 1904, S. 231.
Tilmann, Entwicklung der Anker. Technische Rundschau d. Berl. Tageblattes 1912, Nr. 3.
Tyler, Wall Drawings and monuments of El Kab. The tomb of Remi (Plate London 1900, X; mittlere Reihe).
Weber, Die Lösung des Trierenrätsels. Danzig 1896.
Werner, Atlas des Seewesens. Leipzig 1871.
Wilkinson, The manners and customs of the ancient Egyptians. London 1878.

Digitized by Google

Quellennachweis für die Abbildungen und die ständig benutzte Literatur.

1. Abbildungen.

Abb.		Seite
1—2	Darstellung von Arbeiten in Bergwerken des Altertums. Nach Binder, Laurion. Die attischen Bergwerke im Altertum. Jahresbericht der k. k. Staatsoberrealschule in Laibach 1894 95	6
3—7	Löffelartige Bergwerkslampen aus Blei. Nach Treptow, Bergbau und hüttenwesen	8 u. 9
8	Auswaschen des Goldes in Ägypten. Nach Rosellini, Monumenti civili	12
9—13	Darstellung alter metallurgischer Öfen. Nach Binder, Laurion. Die attischen Bergwerke im Altertum	14
14	Reliefschmuck aus Blei an einem römischen Sarg. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	21
15—24	Rennfeueranlagen. Nach Jüptner von Jonstorff, Das Eisenhüttenwesen	24—27
25—26	Rohluppen und bearbeitete Luppen. Nach Beck, Die Geschichte des Eisens	28 u. 29
27	Alter freistehender Windofen vom Kärtner Erzberg. Nach Jüptner von Jonstorff, Das Eisenhüttenwesen	29
28	Goldschmiedewerkstatt. Nach Perrot und Chipiez, Geschichte der Kunst im Altertum	34
29	Darstellung eines Goldschlägers. Nach Prisse d'Avenne, Histoire de l'art égyptienne d'après les monuments	34
30	Schmelzen von Metall in Ägypten. Nach Prisse d'Avenne, Histoire de l'art égyptienne d'après les monuments	34
31	Riesenstatue des Herkules. Nach einer Photographie	35
32	Römischer Goldschläger. Nach Amelung, Die Skulpturen des vatikanischen Museums	35
33—34	Formstein aus Granit zum Treiben. Nach Schliemann, Mykenae	36
35	Kupferschmiede, ein Gefäß treibend. Nach einer Originalphotographie des Berliner Museums	37
36	Attische Schale mit Darstellung von Treibarbeit. Nach einer Originalphotographie des Berliner Museums	37
37	Treiben großer Gefäße. Nach Schreiber, Kulturhistorischer Bilderatlas	38
38	Das Schwert des Tiberius. Nach Klein, Das Schwert des Tiberius. Abbildungen von Mainzer Altertümern	38
39	Altägyptische Treibform. Nach einer Originalphotographie des Berliner Museums	39
40—41	Treibarbeiten aus Goldblech. Nach Originalphotographien des Berliner Museums	39
42	Goldenes Diadem aus Mykenae. Nach Rhousopoulos, Beitrag über die chemischen Kenntnisse der alten Griechen. In Diergart, Beiträge aus der Geschichte der Chemie	39

Abb.		Seite
43	Getriebene Goldvase. Nach Rhousopoulos, a. a. O.	40
44	Goldene Rosetten. Nach Rhousopoulos, a. a. O.	41
45	Getriebene Metallkessel. Nach Schreiber, Kulturhistorischer Bilderatlas	41
46	Römische Goldschmiedearbeiten. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	42
47	Locheisen. Nach Daremberg-Saglio, Dictionnaire des antiquitées	43
48	Abwiegen von Goldringen. Nach Lepsius, Denkmäler aus Ägypten und Äthiopien	44
49	Ägyptische Wage. Nach Newberry, Beni hassan	45
50	Griechischer Münzstempel. Nach Zenghelis, Das Metall der alten Prägestempel. Chemiker-Zeitung 1907, Nr. 90	45
51	Antike Münzen. Nach einer Originalaufnahme	46
52	Ziselieren eines Helms. Nach Helbig, Wandgemälde der vom Vesuv verschütteten Städte	47
53—54	Römisches Lötrohr und Lötkolben. Nach Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern	49
55	Ägyptische Blasebälge. Nach Rosellini, Monumenti civili	51
56	Schmiedezangen, Ambosse usw. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	51
57	Griechische Schmiedewerkstatt. Nach Schreiber, Kulturhistorischer Bilderatlas	52
58	Schmiedearbeit in der Werkstatt. Nach Helbig, Wandgemälde der vom Vesuv verschütteten Städte	52
59	Messerschmied. Nach Beck, Die Geschichte des Eisens	53
60	Verkaufsladen eines Messerschmieds. Nach Beck, Die Geschichte des Eisens	53
61	Grobschmied. Nach Beck, Die Geschichte des Eisens	53
62	Römische Schmiede. Nach Beck, Die Geschichte des Eisens	53
63	Römischer Regimentsschmied. Nach Beck, Die Geschichte des Eisens	54
64	Schmiedende Eroten. Nach Beck, Die Geschichte des Eisens	54
65	Schleifstein. Nach Rich, Wörterbuch der römischen Altertümer	54
66	Römische Schmiedestücke. Nach Beck, Die Geschichte des Eisens	55
67	Römisches Hufeisen. Nach einer Aufnahme des Techno-photographischen Archivs, Berlin-Friedenau	55
68	Form und Gegenform. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums München	56
69	Guß einer Tempeltür. Nach Prisse d'Avenne, Histoire de l'art égyptienne d'après les monuments	57
70	Ägyptischer Handspiegel. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	58
71	Ägyptischer Massivguß. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	58
72	Ägyptischer Hohlguß. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	58
73	Vorgeschichtliche Steinformen zum Gießen. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums München	58
74	Ägyptische Bronzen. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums München	59
75—76	Griechische Gießerwerkstätte. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	60
77	Statue der Hera. Nach einer Originalaufnahme von Bruckmann, München	60
78	Etruskische Bronze. Nach einer photographischen Aufnahme	61
79—81	Römischer Hohlguß. Nach Originalaufnahmen des Berliner Museums	62
82	Griechischer Klappspiegel. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	63
83—86	Falschmünzer-Gußformen. Nach einer Originalaufnahme	63
87	Römisches Niello. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	63
88—91	Römische Filigranarbeiten. Nach Originalaufnahmen des Berliner Museums	64
92	Ägyptische Emailarbeit. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	65

Abb.		Seite
93	Römische Emailarbeiten. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	66
94	Römisches Zellenemail. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	67
95	Ägyptische Tauschierungsarbeit. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	67
96	Eroten als Goldschmiede. Nach einer photographischen Aufnahme	68
97	Assyrische Holzarbeiter. Nach Layard, Ninive und Babylon	71
98	Römische Doppelaxt. Nach Keßler, Westdeutsche Zeitung für Geschichte und Kunst. Jahrgang 22, Tafel 6	72
99	Römisches Axtfutteral. Nach Westdeutsche Zeitung a. a. O.	72
100—101	Römische Beilmesser. Nach Westdeutsche Zeitung a. a. O.	72
102	Römisches Axtfutteral. Nach Westdeutsche Zeitung a. a. O.	72
103	Holzbearbeitung in Ägypten. Nach Rosellini, Monumenti civili	74
104	Ägyptische Säge. Nach Newberry, Beni hassan	74
105—107	Schlegel, Stemmeisen und Drillbohrer. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	75
108	Ägyptische Holzarbeiten. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	75
109	Arbeit mittelst Handmeißels. Nach Jahn, Berichte der phil.-hist. Klasse der Sächsischen Akademie der Wissenschaften für 1867	76
110—112	Römische Sägen. Nach Rich, Illustriertes Wörterbuch der römischen Altertümer	76
113	Römische Säge mit geschränkten Zähnen. Nach Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern	76
114	Römische Bohrer. Nach Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern	76
115	Römischer Hobel. Nach Rich, Illustriertes Wörterbuch der römischen Altertümer	76
116	Eroten als Tischler. Nach Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern	76
117—122	Tischlerarbeiten. Nach Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern	77
123	Römische Holzarbeiten. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	78
124	Griechische Holzarbeit aus Mykenae. Nach Schliemann, Mykenae	78
125	Herstellung des Leders in Ägypten. Nach Rosellini, Monumenti civili	79
126—128	Lederbearbeitung in Ägypten. Nach Rosellini, Monumenti civili	80
129—130	Ägyptische Schuhmacherwerkstatt. Nach Rosellini, Monumenti civili	81
131	Klopfen von Sohlleder. Nach Newberry, Beni hassan	81
132	Griechische Schuhmacherwerkstatt. Nach Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern	81
133—135	Römische Sohlen, Sandalen und Schuhmacherwerkzeuge. Nach Originalaufnahmen des Altertumsmuseums der Stadt Mainz	82
136	Römisches Zierleder. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	83
137	Grabstock der Buschleute. Nach Heilborn, Allgemeine Völkerkunde	85
138	Hacke und Hackenpflug. Nach Heilborn, Allgemeine Völkerkunde	85
139	Eisernes Blatt einer koptischen Hacke. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	85
140	Griechischer Hackenpflug. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	86
141	Kaffern mit zusammengesetzten Pflügen. Nach Heilborn, Allgemeine Völkerkunde	86
142	Ägyptische Harke. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	88
143	Römische landwirtschaftliche Geräte. Nach Jacobi, Das Römerkastell Saalburg	89
144—145	Handmühlen aus Trachyt. Nach Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner	92

Digitized by Google

Abb.		Seite
146	Ägyptischer Reibstein. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	92
147	Kornreibende Dienerin. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	92
148	Reibschüssel mit Quarzsplittern. Nach einer Originalaufnahme des Altertumsmuseums der Stadt Mainz	93
149	Mörser aus Basalt. Nach Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner	94
150	Mörserkeule aus hartem Kalkstein. Nach Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner	94
151	Griechische Frauen, Getreide stampfend. Nach Jahn, Berichte der phil.-hist. Klasse der Sächsischen Akademie der Wissenschaften für 1867	94
152	Römische Handmühle. Nach Jacobi, Das Römerkastell Saalburg	95
153	Römische Mühle. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	95
154	Eiserner Zapfen und Scheibe. Nach Overbeck, a. a. O.	95
155	Römische Mühle mit Eselantrieb. Nach Overbeck, a. a. O.	95
156	Mühlen eines Bäckers in Pompeji. Nach einer photographischen Aufnahme	96
157	Römische Wassermühle. Nach Reber, Des Vitruvius zehn Bücher über die Architektur	97
158	Ägyptischer Kornspeicher. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	98
159	Bäcker in Ägypten. Nach Rosellini, Monumenti civili	99
160	Mechanisches Knetwerk. Overbeck-Mau, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	99
161—163	Ägyptische Brotformen. Nach Woenig, Die Pflanzen im alten Ägypten.	100
164	Bäcker aus Tanagra. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	100
165	Pompejanischer Backofen. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	101
166	Durchschnitt durch einen pompejanischen Backofen. Nach Overbeck, a. a. O.	102
167	Bierbrauerei bei den Ägyptern. Nach Boeser, Denkmäler des alten Reichs	103
168	Ägyptische Brauerei. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums München, nach dem Originalmodell	104
169	Ägyptische Brauerei. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums München (nach dem Modell)	104
170	Weinbereitung in Ägypten. Nach Rosellini, Monumenti civili	107
171	Trojanisches Weinlager. Nach Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner	109
172	Beförderung von Wein in Fässern. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	109
173	Herabschlagen der Oliven. Nach Jahn, Berichte der phil.-hist. Klasse der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften für 1867	114
174	Kollergang. Nach Overbeck-Mau, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	114
175	Ölpresse mit Preßbaum. Nach Daremberg-Saglio, Dictionnaire des antiquités	115
176	Wippresse. Nach Schelenz, Über Pressen. Chemikerzeitung 1912, Heft 44	116
177	Kroten bei der Ölbereitung. Nach einer photographischen Aufnahme	116
178	Keilpresse. Nach Jahn, Berichte der phil.-hist. Klasse der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften für 1868	117
179	Ölkelterei in Stabiae. Nach Rich, Wörterbuch der römischen Altertümer	117
180	Apoxyomenos. Nach einer photographischen Aufnahme	118
181	Ägyptische Schminkgefäße. Nach Joseph, Handbuch der Kosmetik	120
182	Löffel für Schminken. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	120

Abb.		Seite
183	Halter für Wohlgerüche. Nach Joseph, Handbuch der Kosmetik	121
184	Ägyptischer Toilettenkasten. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	122
185—186	Mumienmacherinstrumente. Nach Archiv für Geschichte der Medizin, Band 5, Heft 3	128
187—188	Eingeweidekrug. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	129 u. 130
189	Unterarm einer weiblichen Mumie. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	130
190	Ausgewickelte Mumie. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	131
191	Mumienhülle. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	131
192	Gebrauch der Töpferscheibe. Nach Newberry, Beni Hassan	134
193	Aus Ziegeln gebildetes Grab. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	135
194	Römische Ziegel mit Stempeln. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	135
195	Modellschüssel mit Tonrelief. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	136
196	Herstellung der Ziegel bei den Ägyptern. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums München	139
197	Modell einer ägyptischen Ziegelei. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	139
198	Herstellung von Töpfergeschirr in Ägypten. Nach Rosellini, Monumenti civili	140
199	Distel. Glasierte Fayence. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	141
200	Kinderpuppe. Glasierte Fayence. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	141
201	Durchbrochene Tafel. Ägyptische Fayence. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	142
202	Tür. Ägyptische Fayence. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	142
203	Chinesischer Kammerofen. Nach Hirano, Porzellanbrennöfen in Japan, in Keramische Rundschau 1912, Heft 4	143
204	Griechische Töpferscheibe. Nach Wolff, Die Töpfereien vor dem Nordtore der römischen Stadt. Mitteilungen über römische Funde in Heddernheim, Heft IV	145
205	Rotfigurige griechische Vase. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	145
206	Tanagrafigur. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	146
207	Barbotine-Vase. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	148
208	Römischer Brennofen. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums München	150
209—210	Römischer Brennofen in Heddernheim. Nach Wolff, Die Töpfereien vor dem Nordtore der römischen Stadt. Mitteilungen über römische Funde in Heddernheim, Heft IV	150
211	Modell einer römischen Töpferwerkstätte. Nach einer Originalaufnahme des Städtischen historischen Museums Frankfurt a. M.	151
212	Römisch-germanische Töpferwaren. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	153
213	Glasstäbchen mit dem Namen Amenemhet III. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	157
214—215	Glasstücke aus der Glasfabrik von Tell-el-Amarna. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	158
216	Ägyptischer Handspiegel mit Glaseinlage Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	159
217	Glasrosetten vom Belag einer Mumie. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	160

Abb.		Seite
218	Bildsäule mit Glasaugen. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	160
219	Römische Glasbläserei. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	163
220	Römische Glasflaschen. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	164
221	Römische Diatreta-Gefäße. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	164
222	Römische Glasscheibe mit eingeschliffener Darstellung eines Wagenrennens. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	165
223	Millefiorischale. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	166
224	Ägyptischer Rocken. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	173
225	Ägyptische Spindel mit aufgesteckter Wirtel. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	173
226	Römische Spindel mit Wirtel. Nach einer Originalaufnahme des Altertumsmuseums der Stadt Mainz	173
227	Spinnen auf Schenkel. Aus Lamer, Griechische Kultur im Bilde, nach Gerhard, Trinkschalen und Gefäße	174
228	Onos. Aus Hartwig, *Ἐπίνητρον ἐξ Ἐρετρίας* in *Ἐφημερὶς ἀρχαιολογική* 1897	175
229	Der Webstuhl der Penelope. Nach Conze in Monumenti dell' Istituto IX	176
230	Ägyptischer Webstuhl. Nach Lepsius, Denkmäler aus Ägypten	176
231	Griechischer Webstuhl. Aus Lamer, Griechische Kultur im Bilde, nach Journal of Hellenic Studies 1892—93	176
232	Römisches Weberschiff. Nach einer Originalaufnahme des Altertumsmuseums der Stadt Mainz	177
233	Ägyptisches Weberschwert und zwei Weberkämme. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	177
234	Rostartiger Weberkamm. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	178
235	Stickerin mit Rahmen. Nach Stackelberg, Gräber der Hellenen	178
236	Das Walken der Stoffe. Nach Helbig, Wandgemälde der vom Vesuv verschütteten Städte	180
237	Zum Trocknen aufgehängte Tücher. Nach Helbig, Wandgemälde der vom Vesuv verschütteten Städte	181
238	Das Kratzen der Stoffe. Nach Helbig, Wandgemälde der vom Vesuv verschütteten Städte	181
239	Plan der Fullonica in Pompeji. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	182
240	Tuchpresse. Nach einer Zeichnung im Deutschen Museum zu München	183
241	Griechische Gewänder. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	184
242—244	Römische Gewänder. Nach Originalaufnahmen des Provinzialmuseums Trier	184 u. 185
245	Ägyptische Flechtarbeiten aus Palmbast. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	186
246	Ägyptischer Kinderschuh. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	186
247	Geflochtener Rohrstuhl. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	187
248	Ägyptischer Seiler. Nach Rosellini, Monumenti civili	188
249	Purpurschnecken. Nach Daremberg-Saglio, Dictionnaire des antiquités	191
250	Gerätschaften eines Purpurfärbers. Nach Lama, Iscrizioni antichi coll. nei muri della scala Farnese	192
251	Ägyptische Malerpalette. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	200
252	Griechischer Maler. Nach Wolff, Die Farbe im Altertum. In: Farbe und Lack 1913, Seite 37	200

Abb.		Seite
253	Gemälde auf Leinwand. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	201
254—255	Geräte zur Enkaustikmalerei. Nach einer Zeichnung im Deutschen Museum zu München	203
256—257	Schaduff. Nach Neuburger, Das Wasser als Hilfsmittel in Haus und Gewerbe in Kraemer, Der Mensch und die Erde	207 u. 208
258	Picota der Inder. Nach Merckel, Die Ingenieurtechnik im Altertum	208
259	Schöpfwerk mit Tretvorrichtung. Nach Neuburger, a. a. O. in Kraemer, Der Mensch und die Erde	208
260—261	Römische oder Schnellwage. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	209
262	Schnellwage im Gebrauch. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	209
263	Gleicharmige Hebelwage. Nach Woermann, Geschichte der Kunst aller Völker und Zeiten	210
264	Der Weihwasserautomat des Heron von Alexandria. Nach Schmidt, Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater	210
265	Konstruktion der Wasserschnecke. Nach Reber, Des Vitruvius zehn Bücher über Architektur	211
266—267	Schrauben ohne Ende. Nach Schmidt, Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater	211
268	Verwendung der Rolle. Nach Layard, Nineve und Babylon	212
269	Übersetzung. Nach Schmidt, Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater	212
270	Römischer Flaschenzug. Nach Reber, Des Vitruvius zehn Bücher von der Architektur	212
271	Transport auf Kufen bei den Assyrern. Nach Layard, Nineve und Babylon	214
272	Transport eines auf Kufen gestellten Riesen-Bildwerks bei den Assyrern. Nach Layard, Nineve und Babylon	214
273	Transport eines Denkmals auf Kufen bei den Ägyptern. Nach Lepsius, Denkmäler aus Ägypten und Äthiopien	215
274	Transport von Denkmälern auf Kufen bei den Ägyptern. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	215
275	Transport eines Behälters auf Kufen. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	216
276	Assyrischer Wagen. Nach Layard, Nineve und Babylon	216
277	Ägyptischer Wagen. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	217
278	Wagenbau in Ägypten. Nach Rosellini, Monumenti civili	217
279	Griechischer Wagen. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	218
280	Zweiräderiger bronzener griechischer Wagen. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	218
281	Taxametereinrichtung. Aus Lamer, Griechische Kultur im Bilde, nach Wilamowitz-Moellendorff, Griechisches Lesebuch	219
282	Ein durch ein Zahnrad bewegter Arm für Automatentheater. Nach Schmidt, Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater	219
283	Zahnräder und Winde. Nach Schmidt, Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater	219
284	Göpelwerk. Nach Neuburger, Das Wasser als Hilfsmittel in Haus und Gewerbe in Kraemer, Der Mensch und die Erde	220
285	Göpelrad. Nach Neuburger, a. a. O. in Kraemer, Der Mensch und die Erde	221
286	Tretrad in Verbindung mit Becherwerk. Nach Neuburger, a. a. O. in Kraemer, Der Mensch und die Erde	221
287	Griechischer gewöhnlicher Holzbogen. Nach Heilborn, Der Bogen des Odysseus. Die Naturwissenschaften 1914 nach Ann. dell' Ist. 1880	222
288	Ägyptische Bogen. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	222

Abb.		Seite
289	Griechischer zusammengesetzter Bogen. Nach Heilborn, Der Bogen des Odysseus. Die Naturwissenschaften 1914	223
290	Griechischer Bogenspanner. Nach Heilborn, Der Bogen des Odysseus. Die Naturwissenschaften 1914 nach Banko in der Festschrift für Benndorf 1898	223
291—292	Onager. Nach Schneider, Antike Geschütze	225
293	Zweiarm. Nach Reber, Des Vitruvius zehn Bücher von der Architektur	226
294	Der Luftspanner des Ktesibios. Nach Geitel, Die Geschichte der Dampfmaschine bis James Watt	228
295	Gebrauch des Saugrohrs. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	229
296	Rekonstruktion der Wasseruhr des Ktesibios. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums zu München nach dem Modell im Deutschen Museum	230
297	Rekonstruktion der Wasseruhr des Ktesibios nach Diels. Nach Diels, Antike Technik	231
298	Verwendung des unterschlächtigen Wasserrads nach römischer Art. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	232
299	Feuerspritze. Nach Reber, Des Vitruvius zehn Bücher von der Architektur	232
300	Die Wasserorgel des Ktesibios. Nach Beck, historische Notizen in Der Zivilingenieur 1886	233
301	Die Aeolipile des Heron von Alexandria. Nach Schmidt, Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater	234
302	Bogen und Sehne zum Anmachen des Feuers. Nach Weule, Leitfaden der Völkerkunde	238
303	Vase mit Fackelträgerin. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	239
304	Fackelhalter aus Tiryns. Nach Schliemann, Tiryns	239
305	Steinlampen aus der mykenischen Zeit Kretas. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums zu München	240
306	Modellschüssel zur Herstellung von Lampen. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	241
307	Römische geschlossene Tonlampen mit zwei und mehr Öffnungen. Nach einer Originalaufnahme des Städtischen historischen Museums Frankfurt a. M.	241
308	Bronzelampe mit offener Schale und kanalförmiger Dochtschnauze. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	242
309	Römische geschlossene Lampen (Sicherheitslampen). Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	242
310	Römische Ringlampe. Nach einer Originalaufnahme des Altertumsmuseums der Stadt Mainz	243
311	Römische Ringlampe mit Kreuzbügel als Kronleuchter. Nach einer Originalaufnahme des Altertumsmuseums der Stadt Mainz	243
312	Griechische Lampe auf einem Fuß. Nach Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner	243
313	Bronzegestell zum Abstellen einer Lampe. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	243
314	Lampenfüße zum Aufstellen von Lampen. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	244
315	Stehendes Lampengestell. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	244
316	Hängendes Lampengestell. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	244
317	Die Lampe des Philon von Byzanz. Nach Schmidt, Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater	245
318	Lampe des Heron von Alexandria. Nach Schmidt, Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater	245
319	Großer Bronzeleuchter. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	247

Abb.		Seite
320	Oberer Teil des griechischen Leuchters. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	247
321	Etruskischer Kerzenständer. Nach Baumeister, Denkmäler des klassischen Altertums	247
322	Knabe mit Fackel. Nach Blümner, Das Kunstgewerbe des Altertums	247
323	Laterne aus Herculanum. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	247
324	Der Leuchtturm von Alexandria. Nach Geitel, Die Entwicklung der Leuchtfeuer in Polytechn. Zentralblatt 1899/1900	249
325	Der römische Leuchtturm von Coruna. Nach Deitmeyer, Leuchtfeuer und Leuchtapparate	249
326	Der Leuchtturm von Alexandria. Nach Adler, Der Pharos von Alexandria	250
327—328	Älteste Herdformen. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums zu München	253
329	Wohngrube mit Herd. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums zu München	253
330	Herdstelle, älteste Herdform. Nach einer Darstellung im Deutschen Museum zu München. Original im Landesmuseum zu Zürich	253
331	Steinherd aus zusammen- und übereinandergestellten Steinen. Nach einer Originalaufnahme des Märkischen Museums zu Berlin	254
332	Steinherd aus übereinandergelegten Steinen. Nach einer Originalaufnahme des Märkischen Museums zu Berlin	254
333	Herd aus Feldsteinen. Nach Lewin-Dorsch, Die Technik in der Urzeit	254
334—335	Tischherde aus Bronze. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	257
336	Kohlenbeckenherd aus Pompeji. Nach Krell, Altrömische Heizungen	257
337	Gefäß zur Bereitung der „calda". Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	257
338	Tragbarer Ofen aus Pompeji. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	258
339	Durchschnitt eines altgriechischen tragbaren Ofens. Nach einer Darstellung im Deutschen Museum zu München	258
340	Kessel mit röhrenförmigen Roststäben. Nach Krell, Altrömische Heizungen	259
341	Germanischer Ofen mit Rost. Nach Mitteilungen des Vereins für Nassauische Altertumskunde und Geschichte 1904/05	259
342	Kessel zur Erwärmung des Wassers. Nach Duhn und Jacobi, Der griechische Tempel in Pompeji	260
343	Hypokaustenheizung vom römischen Theater in Fiesole. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	263
344	Hypokaustenheizung. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	263
345	Präfurnium einer römischen Heizung. Saalburg. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	263
346	Einzelheiten von der Konstruktion der Hypokausten und der tubulierten Wände. Nach Schleyer, Bäder und Badeanstalten	264
347	Die Hypokaustenheizung der bürgerlichen Niederlassung auf der Saalburg. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	265
348	Ein Präfurnium an der Hypokaustenheizung der bürgerlichen Niederlassung auf der Saalburg. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	265
349	Plan der Hypokaustenheizung auf der Saalburg. Nach Jacobi, Das Römerkastell Saalburg	266
350	Kanalheizung. Nach Detter, Zur Geschichte der Zentralheizungen. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure, Band 3	268
351—352	Die Kanalheizung im Grenzturm der Saalburg. Nach Jacobi, Das Römerkastell Saalburg	268
353	Kombinierte Hypokausten- und Kanalheizung. Saalburg. Nach Jacobi, Das Römerkastell Saalburg	269
354	Plan von Babylon. Nach Hirschfeld, Die Entwicklung des Städtebaus. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin 1890	273

Digitized by Google

Abb.		Seite
355	Plan der Hafenstadt Piräus. Nach Hirschfeld, Die Peiraieusstadt. Bericht der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften 1878	275
356	Teil aus dem Stadtplan von Priene. Nach Wiegand und Schrader, Priene	276
357	Plan von Alexandria. Nach Meyers Konversationslexikon	277
358	Stadtanlage von Timgad. Nach Guides Joanne, Algérie et Tunisie	279
359	Plan des römischen Trier. Nach Cramer, Das römische Trier	280
360	Modell des römischen Cöln. Nach dem Modell auf der Ausstellung Alt- und Neu-Cöln. Nach Illustrirte Zeitung Nr. 3650 vom 12. Juni 1913	281
361	Wendischer Ringwall. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers.	285
362	Ringwall am Altkönig. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers, gezeichnet von Zimmermann	286
363	Ringwall am Altkönig. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	286
364	Schlackenwall bei Plauen im Vogtland. Nach einer Originalaufnahme von E. Kaiser, Plauen	287
365	Plan einer babylonischen Festung. Nach Lenormant und Babelon, Histoire ancienne de l'orient	288
366—368	Die Mauern Trojas. Nach Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner	290—292
369	Die auf den Tonkuchen stehende Ziegelmauer zu Troja. Nach Schliemann, a. a. O.	293
370	Tor mit flankierenden vorspringenden Türmen. Nach Delitzsch, Babel und Bibel	294
371	Befestigung der Burg von Tiryns. Nach Reber, Geschichte der Baukunst im Altertum	295
372—373	Die von Themistokles errichtete Stadtmauer in Athen. Nach Mitteilungen des Kaiserl. deutschen arch. Instituts in Athen, Band 32	296
374	Löwentor von Mykenae. Nach Reber, Geschichte der Baukunst im Altertum	297
375	Tor von Messene. Nach Blouet, Expédition scientifique en Morée	297
376	Tor von Misolunghi. Nach Reber, Geschichte der Baukunst im Altertum	298
377	Tor von Thorikos. Nach Reber, a. a. O.	298
378	Tor von Phigalia. Nach Reber, a. a. O.	298
379	Tor von Samos. Nach Reber, a. a. O.	298
380	Das befestigte Lager von Dintian. Nach Berichten über die Fortschritte der römisch-germanischen Forschung im Jahre 1905	299
381	Grundriß der Stadtmauern Pompejis. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	300
382	Durchschnitt der Stadtmauer von Pompeji. Nach Overbeck, a. a. O.	301
383—384	Die Brustwehr der Mauern von Pompeji. Nach Overbeck, a. a. O.	301
385	Turm in der pompejanischen Stadtmauer. Nach Overbeck, a. a. O.	301
386	Durchschnitt durch einen Turm der Stadtmauer zu Pompeji. Nach Overbeck, a. a. O.	301
387—389	Die drei Geschosse eines pompejanischen Mauerturms. Nach Overbeck, a. a. O.	302
390	Die Porta nigra in Trier. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	302
391	Die Porta nigra in Trier, Ansicht von außen. Nach einer Aufnahme von Lintz, Trier	302
392	Römischer Wachturm vom Limes. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers nach dem Modell auf der Saalburg	303
393	Plan des Amphitheaters zu Trier. Nach Krüger, Die Trierer Römerbauten	303
394	Plan des herculaner Tors zu Pompeji. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	304
395	Grundriß des Kastells Saalburg. Nach Schulze, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland	304
396	Lageplan des Kastells Saalburg. Nach Schulze, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland	304
397	Tor der Saalburg. Nach Jacobi, Führer durch das Römerkastell Saalburg	305

Abb.		Seite
398—399	Die Porta decumana der Saalburg. Nach Jacobi, Führer durch das Römerkastell Saalburg	305
400	Doppelgraben (Spitzgräben) auf der Saalburg. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	306
401	Der Limes und die an ihm liegenden Kastelle. Nach Schulze, Die römischen Grenzanlagen in Deutschland	306
402	Prachttor in Palmyra. Nach Wood, The ruins of Palmyra	309
403	Säulenstraße in Palmyra. Nach Wood, The ruins of Palmyra	310
404	Plan eines römischen Prachtplatzes. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	311
405	Ansicht einer römischen Prachtstraße. Das Forum civile in Pompeji. Nach einer photographischen Aufnahme	311
406	Ansicht einer pompejanischen Straße. Nach Schulz, Goethes Rom, nach einem Stich des Piranesi	312
407	Für das Fuhrwerk gesperrte Straße. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	312
408	Straße in Pompeji. Nach einer photographischen Aufnahme	313
409	Ausgebessertes Pflaster in Pompeji. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	313
410	Straße mit Trittsteinen für Fußgänger. Nach Overbeck, a. a. O.	313
411	Bürgersteig einer pompejanischen Straße. Nach einer photographischen Aufnahme	314
412	Straße in Pompeji mit Bürgersteig und Rinnstein	314
413	Kanal am Forum zu Pompeji. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	315
414	Gossenanlage zur Abführung des Regenwassers in Pompeji. Nach Overbeck, a. a. O.	315
415	Abflußöffnungen für das Regenwasser in einer pompejanischen Straße. Nach Mazois und Gau, Les ruines de Pompéi	315
416	Griechisches Haus in Priene. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums zu München nach dem Modell im Deutschen Museum von Thiersch	319
417	Griechisches Wohnhaus in Priene. Nach einer Darstellung des Deutschen Museums zu München	320
418	Sogenanntes Haus des Hyrkanos. Nach Lange, Haus und Halle	320
419	Älteste bekannte Form des römischen Hauses. Nach einer Darstellung des Deutschen Museums zu München	322
420	Römisches Haus mit Säulenhof. Nach einer Darstellung des Deutschen Museums zu München	323
421	Wandbild in Mosaiktechnik. Nach einer photographischen Aufnahme	324
422	Römischer Fußboden aus großen Platten. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	325
423	Römischer Fußboden (restauriert). Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	325
424	Fußboden mit mehrfarbigen Steinen. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	325
425	Das Haus der Vettier zu Pompeji (Ansicht). Nach Mau, Pompeji in Leben und Kunst	326
426	Das Haus der Vettier (Grundriß). Nach Mau, Pompeji in Leben u. Kunst	326
427	Säulenhalle und Garten im Haus der Vettier. Nach einer photographischen Aufnahme	327
428—430	Pläne pompejanischer Häuser. Nach Zumpt, Über die bauliche Einrichtung des römischen Wohnhauses	328
431	Plan eines pompejanischen Landhauses. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	329
432	Villa des Hadrian bei Tivoli. Nach Baedeker, Mittelitalien	330
433	Aus der Villa des Hadrian zu Tivoli. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	331
434	Die 200 Meter lange Spaziermauer in der Villa des Hadrian bei Tivoli. Nach einer photographischen Aufnahme	331

Abb.		Seite
435	Teil der Spaziermauer des Hadrian bei Tivoli. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	332
436	Reste eines römischen Hauses. Darstellung des Deutschen Museums zu München nach dem Modell im Deutschen Museum	332
437	Haus mit tuskischem Atrium. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	333
438—439	Tuskisches Atrium, Plan und Durchschnitt. Nach Overbeck, a. a. O.	334
440	Ziegeldach der Casa di Sirico in Pompeji. Nach Overbeck, a. a. O.	334
441	Tetrastyles Atrium in einem kleinen Hause in Pompeji. Nach Overbeck, a. a. O.	335
442	Haus mit Atrium displuviatum. Nach Overbeck, a. a. O.	335
443	Unterkellertes Haus in Pompeji. Nach Overbeck, a. a. O.	336
444	Plan eines Ladens. Nach Overbeck, a. a. O.	336
445	Ansicht eines Ladens in Pompeji, Rekonstruktion. Nach Overbeck, a. a. O.	336
446	Römischer Ladeneingang. Nach Overbeck, a. a. O.	337
447—448	Ladenverschluß. Nach Overbeck, a. a. O.	337
449—451	Modelle römischer Schlösser. Nach Diels, Antike Technik	339
452	Das homerische Schloß. Nach Brinkmann, Sitzungsberichte der Altertumsgesellschaft Prussia 1900	339
453	Das Öffnen des homerischen Schlosses. Nach Diels, Antike Technik	339
454	Dienerin mit Schlüssel. Nach Conze, Attische Grabreliefs	340
455	Schlüssel aus Ilios. Nach Schliemann, Ilios, Stadt und Land der Trojaner	340
456	Römischer Schlüssel. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums zu München nach dem Modell im Deutschen Museum	340
457—458	Römisches Stechschloß. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums zu München nach dem Modell im Deutschen Museum	341
459	Römisches Schlüsselloch und Schlüssel. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums nach dem Modell im Deutschen Museum	341
460	Römisches Vorlegeschloß. Nach Mayer, Schloß und Schlüssel im Wandel der Zeiten. Das Wissen 1913	342
461—462	Darstellung der astronomischen Beziehungen der Cheopspyramide. Nach Loskay, Die astronomischen Beziehungen der Cheopspyramide	345
463	Durchschnitt durch die Cheopspyramide. Nach Reber, Geschichte der Baukunst im Altertum	347
464	Rekonstruktion des Sphinx. Nach Reclams Universum, 30. Jahrg.	350
465—466	Ursprüngliche griechische Tempelformen. Nach Reber, Geschichte der Baukunst im Altertum	353
467	Grundriß der ursprünglichen griechischen Tempelform. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	353
468	Antentempel. Nach Overbeck, a. a. O.	353
469	Antentempel mit Hinterhaus. Nach Overbeck, a. a. O.	353
470	Grundriß des Prostylos. Nach Overbeck, a. a. O.	353
471	Plan eines Prostylostempels. Nach Overbeck, a. a. O.	353
472	Peripteros. Nach Overbeck, a. a. O.	354
473	Beispiel eines Peripterostempels. Nach Reber, Geschichte der Baukunst im Altertum	354
474	Peripterostempel mit fünf Frontsäulen. Nach Antike Denkmäler. Herausgegeben vom Kaiserl. deutschen archäolog. Institut	354
475	Besondere Abart des Peripteros. Nach Overbeck, a. a. O.	354
476	Dipteros. Nach Overbeck, a. a. O.	354
477	Pseudodipteros. Nach Overbeck, a. a. O.	354
478	Reste eines Pseudodipteros. Nach Overbeck, a. a. O.	355
479	Römischer Tempel (Rundtempel). Nach einer photographischen Aufnahme	355
480	Das Theater in Pergamon. Nach Noack, Die Baukunst im Altertum	356
481	Die Orchestra des Theaters von Pergamon. Nach Noack, Die Baukunst im Altertum	357
482	Grundriß des griechischen Theaters. Nach Strack, Das altgriechische Theater	359

Digitized by Google

Abb.		Seite
483	Plan eines offenen römischen Theaters. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	360
484	Plan eines bedeckten römischen Theaters. Nach Overbeck, a. a. O.	361
485	Römisches Theater zu Fiesole. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	361
486	Rekonstruktion eines römischen Theaters. Nach D'Espouy-Joseph, Architektonische Einzelheiten	362
487	Das Kolosseum. Nach einer photographischen Aufnahme	363
488	Das Kolosseum zu Rom. Blick ins Innere. Nach einer photographischen Aufnahme	364
489	Blick in das Amphitheater Trier. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	364
490	Teilweise Anlehnung des Amphitheaters Trier an einen Hügel. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	365
491	Blick in das Amphitheater zu Verona. Nach einer Originalaufnahme	365
492	Ummauerung des Zuschauerraums am Amphitheater Verona. Nach einer Originalaufnahme	366
493	Gang und Stützpfeiler unter dem Zuschauerraum am Amphitheater Verona. Nach einer Originalaufnahme	366
494	Die Unterkellerungen und Maschinenanlagen im Amphitheater Trier. Nach Krüger, Der Arenakeller des Amphitheaters zu Trier in Römisch-germanisches Korrespondenzblatt, Jahrg. 2	366
495	Unterkellerung des Amphitheaters Trier. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	367
496	Einzelheiten der Ummauerung des Amphitheaters Verona. Nach einer Originalaufnahme	367
497	Die Thermen des Diokletian. Rekonstruktion. Nach Paulin, Les thermes de Dioclétien	368
498	Plan der größeren Thermen zu Pompeji. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	369
499	Apodyterium der Stabianerthermen. Nach Overbeck, a. a. O.	370
500	Die Palästra der Stabianerthermen. Nach Overbeck, a. a. O.	371
501	Plan der kleinen Thermen zu Pompeji. Nach Overbeck, a. a. O.	372
502	Durchschnitt durch das Caldarium der Männerabteilung in den kleinen Thermen zu Pompeji. Nach Overbeck, a. a. O.	372
503	Das Caldarium der Männerabteilung in den kleinen Thermen zu Pompeji. Nach Overbeck, a. a. O.	373
504	Das Frigidarium der Männerabteilung in den kleinen Thermen zu Pompeji. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Kunstwerken und Altertümern	373
505	Das Tepidarium der Männerabteilung in den kleinen Thermen zu Pompeji. Nach Overbeck, a. a. O.	374
506	Ruinen der Titusthermen. Aus Schulz, Goethes Rom, nach einem Stich des Piranesi	374
507	Rekonstruktion der Thermen des Agrippa in Rom. Nach Palladio, Le terme dei Romani	375
508	Grundriß des Hauptgebäudes der Thermen des Caracalla zu Rom. Nach D'Espouy-Joseph, Architektonische Einzelheiten	376
509–510	Ruinen der Caracallathermen. Aus Schulz, Goethes Rom, nach einem Stich des Piranesi	377
511	Grundriß der Thermen des Agrippa in Rom. Nach Palladio, Le terme dei Romani	378
512	Die Basilika von Pompeji. Grundriß. Nach Lange, Haus und Halle	379
513	Die Basilika von Pompeji. Querschnitt. Nach Lange, a. a. O.	379
514	Die Basilika von Pompeji. Nach Lange, a. a. O.	380
515	Die Basilika von Pompeji. Längsschnitt. Nach Lange, a. a. O.	380
516	Mit Tonplatten verkleidete Holzarchitektur am Tempel von Thermos in Ätolien. Nach Antike Denkmäler, herausgegeben vom Kaiserl. deutschen archäolog. Institut, Band II, 49	384
517	Griechisches Giebeldach. Nach Noack, Die Baukunst im Altertum	385

Abb.		Seite
518	Gesims und First des Schatzhauses zu Gela. Nach Noack, Die Baukunst im Altertum	386
519	Pseudoisodomum. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	389
520	Ziegelhintermauerung mit Verblendung. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	390
521	Quadern als Häuserkante. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	390
522	Opus incertum. Nach Blümner, Die Terminologie und Technologie der Griechen und Römer in Gewerben und Künsten	390
523	Gegossenes Mauerwerk. Nach Engelmann, Pompeji	390
524	Opus reticulatum. Nach Blümner, Terminologie und Technologie der Griechen und Römer in Gewerben und Künsten	391
525	Opus reticulatum. Nach einer photographischen Aufnahme	391
526	Opus spicatum. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums zu München	391
527	Opus spicatum und pseudoisodomum. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	392
528	Steinmauerwerk mit Ziegelbändern. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	392
529	Falsches Gewölbe. Nach Reber, Geschichte der Baukunst im Altertum	393
530	Chaldäisches falsches Gewölbe. Nach Reber, a. a. O.	393
531	Gewölbe aus keilförmigen Steinen. Nach einer Originalaufnahme	394
532	Aus mehrfachen Lagen gebildete Gewölbedecke. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	394
533	Tonnengewölbe aus unregelmäßigen Steinen. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	394
534	Übereinandergestellte Bogen. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	395
535	Chorobat. Rekonstruktion des Verfassers	396
536	Handwerkszeug römischer Maurer. Nach einer Darstellung des Deutschen Museums zu München	397
537	Maurer, den Verputz einer Wand glättend. Nach Annali dell' Istituto 1881	397
538	Handwerkszeug eines Maurers. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums Trier	398
539	Versetzter Riesenbaustein. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums zu München	400
540	Bearbeiteter Baustein im Steinbruch zu Baalbek. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums zu München	401
541	Das Grabmal des Theodorich zu Ravenna. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	401
542	Das große Felsenmeer auf dem Felsberg im Odenwald. Nach einer Originalaufnahme von L. F. Fuchs, München	402
543	Römische Granitarbeit an der Pyramide im Odenwalde. Nach einer Originalaufnahme von L. F. Fuchs, München	402
544	Der Altarstein von vorne. Nach einer Originalaufnahme von L. F. Fuchs, München	403
545	Der Altarstein von oben. Nach einer Originalaufnahme von L. F. Fuchs, München	403
546	Bearbeitete Granitkolosse. Nach einer Originalaufnahme von L. F. Fuchs, München	403
547	Riesensäule. Nach einer Originalaufnahme von L. F. Fuchs, München	403
548	Steinbearbeitung bei den Ägyptern. Nach Rosellini, Monumenti civili	404
549—551	Kalkofen im Grödener Tal. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	408
552	Unterstes Schöpfbecken der alten assyrischen Wasserleitung in der Schlucht zu Bavian. Nach Layard, Nineve und Babylon	416
553—565	Plan und Einzelheiten der Salomonischen Wasserleitung. Nach Schick, Die Wasserversorgung der Stadt Jerusalem. Zeitschrift des deutschen Palästinavereins, Band I	418, 419

Abb.		Seite
566	Die Salomonische Wasserleitung. Stauweiher. Nach Huntemüller, Wasserversorgung und Kanalisation im alten und heutigen Jerusalem. Zeitschrift für Hygiene, 81. Band	420
567	Die Wasserversorgung Jerusalems. Nach Huntemüller, a. a. O.	420
568	Die Wasserversorgung Jerusalems. Wasserleitung im Wadi-el Choch. Nach Huntemüller, a. a. O.	421
569	Die Wasserleitung Jerusalems. Altrömische Wasserleitung. Nach Huntemüller, a. a. O.	422
570	Der Siloah-Kanal mit dem „Treffpunkt". Nach Guthe, Ausgrabungen bei Jerusalem. Zeitschrift des deutschen Palästinavereins, Band V	422
571	Ägyptische Sakieh mit Göpelwerk. Nach Neuburger, Das Wasser als Hilfsmittel in Haus und Gewerbe in Krämer, Der Mensch und die Erde	423
572	Die Wasserleitung von Samos. Nach Fabricius, Altertümer auf der Insel Samos. Mitteilungen des deutschen archäolog. Instituts, Abt. 9, Jahrg. 1884	426
573	Plan der Wasserleitung von Pergamon. Nach Gräber, Die Wasserleitungen von Pergamon. Abhandl. der Berliner Akademie der Wissenschaften, phil.-hist. Klasse 1887	427
574	Lochsteine der Wasserleitung von Pergamon. Nach Gräber, a. a. O.	428
575	Reste der Wasserleitung von Pergamon. Nach Gräber, Die pergamenische Wasserleitung. Die Altertümer von Pergamon	428
576	Reste des Quellhauses der alten Wasserleitung von Pergamon. Nach Gräber, a. a. O.	429
577	Griechischer Brunnen. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	429
578	Brunnen hinter den Häusern der bürgerlichen Ansiedlung auf der Saalburg. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	430
579	Brunnen mit Holzverschalung und Dach im Saalburgkastell. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	430
580	Brunnen mit Mauerrand und Dach im Saalburgkastell. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	430
581	Wasserverteilung einer neuzeitlichen Stadt. Nach einer Originalskizze des Verfassers	432
582	Wasserverteilung einer antiken Stadt. Nach einer Originalskizze des Verfassers	432
583	Die Campagna bei Rom mit den Resten römischer Aquädukte. Nach einer Photographie	433
584	Durchschnitt durch einen Teil der Aqua Marcia. Nach Reber, Geschichte der Baukunst im Altertum	435
585	Tunnel bzw. Kanalleitung der Wasserleitung von Trier. Nach Cramer, Das römische Trier	435
586	Blick in die Piscina mirabilis bei Bajä. Nach einer Photographie	435
587—589	Querschnitte durch die zweigeschossige Piscina bei Castel Gandolfo. Nach Piranesi, Oeuvres complètes, Band 11	436
590	Bleierne Wasserleitungsröhren. Nach einer Photographie	438
591—592	Brunnen mit Wasserschloß in Pompeji. Nach Overbeck, Pompeji in seinen Gebäuden, Altertümern und Kunstwerken	438
593	Hausbrunnen in Pompeji. Nach einer Photographie	439
594	Mit einem Hahn verschließbare Bleirohrzuflußleitung. Nach Overbeck, a. a. O.	440
595	Durchschnitt eines Brunnens in Pompeji. Nach Overbeck, a. a. O.	440
596	Wasserleitungshahn. Nach Overbeck, a. a. O.	440
597	Kanal unter dem Nordwestpalast von Nimrud. Nach Reber, Die Baukunst im Altertum	442
598	Kanal unter dem Südostpalast von Nimrud. Nach Reber, a. a. O.	442
599	Bleiklotz zum Verschließen der Anlage zur Fortführung des Regenwassers am Totentempel des Sahurê. Nach Rathgen, Über einige antike Mörtel in Tonindustriezeitung 1911, Nr. 46	443

Abb.		Seite
600	Eingebettetes Kupferrohr zum Abführen des Regenwassers am Totentempel des Sahurê. Nach Rathgen, a. a. O.	444
601	Teil der Bettung für die Regenwasserableitung am Totentempel des Sahurê. Nach Rathgen, a. a. O.	444
602	Öffentlicher Abort mit Wasserspülung in Timgad. Nach Ballu u. Cagnat, Timgad, une cité africaine	444
603	Brausebad. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	445
604—605	Bad in der Königsburg in Tiryns. Nach Schliemann, Tiryns, Der prähistorische Palast der Könige von Tiryns	446
606—607	Die Wanne des Bades zu Tiryns. Nach Schliemann, a. a. O.	446
608	Wanne für Fuß- und Sitzbad aus Mykenae. Nach Wiegand und Schrader, Priene	446
609	Fußbadewanne aus Priene. Nach Wiegand und Schrader, a. a. O.	446
610	Wascheinrichtung und Fußbäder im Gymnasium zu Priene. Nach Wiegand und Schrader, a. a. O.	447
611	Plan der Palästra zu Olympia. Nach Curtius, Adler und Hirschfeld, Die Ausgrabungen von Olympia	447
612	Blick in einen Teil der Cloaca maxima. Nach einer Photographie	449
613	Die Mündung der Cloaca maxima. Nach einer Photographie	449
614	Schematische Darstellung eines römischen Bohlweges. Nach Römische Bohlwege im Herzogtum Oldenburg. Veröffentlicht von der Verwaltung des Landes-Kultur-Fonds in Oldenburg	460
615	Römischer Pfahlweg bei Rödelheim. Nach Wolff, Die römische Straße von Heddernheim nach Nied und das Heidenschloß in Mitteilungen über römische Funde in Heddernheim, III	462
616	Durchschnitt durch eine römische Landstraße. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums in München nach dem dort befindlichen Modell	463
617—618	Durchschnitt römischer Straßen bei Heddernheim. Nach Quilling, Die Ausgrabungen auf dem Heddernheimer Friedhof. Nach Mitteilungen über römische Funde in Heddernheim, I	463
619	Durchschnitt durch die Bettung einer römischen Landstraße. Nach einer Originalaufnahme des Deutschen Museums nach dem Modell im Deutschen Museum	464
620—621	Römische Straße bei Heddernheim. Nach Quilling, Die Ausgrabungen auf dem Heddernheimer Friedhof in Mitteilungen über römische Funde in Heddernheim, I	464
622—623	Teil der Via Appia. Nach Piranesi, Oeuvres complètes, Band XI	465
624	Sickerkanal unter einer römischen Straße bei Heddernheim. Nach Wolff, Die Heddernheimer Ausgrabungen 1903—1907 in Mitteilungen über römische Funde in Heddernheim, IV	466
625—626	Römische Meilensteine. Nach Originalaufnahmen des Provinzialmuseums Trier	467
627	Römische Meilensteine auf der Höhe des Julierpasses. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	468
628	Rekonstruktion eines römischen Meilensteins. Nach Gautier, Traktat von der Anlegung und dem Bau der Wege und Stadtstraßen	468
629	Bockbrücke als Modell von Cäsars Rheinbrücke. Nach Cohausen, Cäsars Rheinbrücken	472
630	Cäsars Rheinbrücke. Nach Cohausen, a. a. O.	472
631	Mesopotamische Bogenbrücke. Nach Lehmann-Haupt, Die historische Semiramis und ihre Zeit	474
632	Römische Bogenbrücke mit hoher Anrampung. Aus Schulz, Goethes Rom, nach einem Stich des Piranesi	475
633	Vierbogige römische Bogenbrücke mit ungleicher Bogenform und steiler Anrampung. Aus Schulz, a. a. O.	475
634	Pons Aelius. Nach Piranesi, Oeuvres complètes, Band IV	476
635	Die Fundamentierung der Engelsbrücke. Nach Piranesi, Oeuvres complètes, Band IV	476

Abb.		Seite
636	Die Tiberinsel mit den beiden Brücken. Aus Schulz, Goethes Rom, nach einem Stich des Piranesi	477
637	Modell der römischen Rheinbrücke bei Mainz. Nach einer Originalaufnahme des Altertumsmuseums der Stadt Mainz	478
638	Modell eines Pfahlrostes mit Steinschüttung. Nach einer Originalaufnahme des Altertumsmuseums der Stadt Mainz	478
639	Römische Bleimedaille. Nach einer Originalaufnahme des Römisch-germanischen Zentralmuseums zu Mainz	478
640	Die Moselbrücke in Trier. Nach einer Originalaufnahme des Verfassers	479
641	Grundriß der Moselbrücke in Trier. Nach Cramer, Das römische Trier	479
642	Assyrischer Kelek. Nach Layard, The monuments of Nineveh. Band II	482
643	Herstellung von Kelek's. Nach Lehmann-Haupt, Die historische Semiramis und ihre Zeit	483
644	Assyrisches Rundschiff. Nach Layard, The monuments of Nineveh. Band II	483
645	Assyrisches Rundschiff von längerer Form. Nach Layard, a. a. O.	484
646	Bau eines Schiffes in Ägypten. Nach Rosellini, Monumenti civili	487
647	Einfaches Nilboot eines Fischers. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	487
648	Totenschiff. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	487
649	Ruderschiff mit einmastiger Segeleinrichtung. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	488
650	Großes Ruder- und Segelschiff. Nach Dümichen, La flotte d'une reine égyptienne	488
651	Zwei große Lastschiffe. Nach Dümichen, La flotte d'une reine égyptienne	489
652	Ruderbefestigung an ägyptischen Schiffen. Nach einer Originalaufnahme des Berliner Museums	489
653	Griechische Schiffsform. Nach Weber, Die Lösung des Trierenrätsels	493
654	Römische Schiffsform. Aus Weber, a. a. O.	493
655	Griechische Triere. Nach Aßmann, Seewesen, in Baumeister, Denkmäler des klassischen Altertums	495
656	Der hintere Teil eines römischen Segelschiffes. Nach Jahrbuch des Kaiserl. archäologischen Institutes 1889	496
657	Stoßbalken eines römischen Kriegsschiffes. Nach Richter, Die römische Rednerbühne. Jahrbuch des Kaiserl. archäologischen Instituts 1889	497
658	Ruderschiff auf einem Flusse. Nach einer Originalaufnahme des Provinzialmuseums zu Trier	499
659	Zweimaster. Nach Aßmann, Seewesen, in Baumeister, Denkmäler des klassischen Altertums	499
660	Kleineres römisches Schiff. Nach Jahrbuch des Kaiserl. archäologischen Instituts, 1889	500
661	Römisches Segelschiff. Nach Aßmann, Seewesen, in Baumeister, Denkmäler des klassischen Altertums	501
662	Griechisches Segelschiff. Nach einer Originalaufnahme des Würzburger Universitätsmuseums.	501
663	Ursprünglicher Holzanker. Nach einer Originalaufnahme des Museums für Meereskunde zu Berlin	502
664—666	Griechische Ankerformen. Nach Tillmann, Entwicklung der Anker. Technische Rundschau des Berliner Tageblatts 1912, Nr. 3	502
667	Pentere. Nach Aßmann, Seewesen, in Baumeister, Denkmäler des klassischen Altertums	503
668	Triere mit aus dem Wasser gehobenen Rudern. Nach Weber, Die Lösung des Trierenrätsels	504
669	Landmarke zur Kennzeichnung eines Landungsplatzes. Nach Geitel, Die Entwicklung der Leuchtfeuer, in Polytechnisches Zentralblatt 1899—1900	508
670—674	Plan und Reste des Hafens von Methone. Nach Merckel, Die Ingenieurtechnik im Altertum	512

Abb.		Seite
675	Plan des Trajanshafens zu Ostia. Nach Merckel, a. a. O.	513
676	Die Nike von Samothrake. Nach Aßmann, Seewesen, in Baumeister, Denkmäler des klassischen Altertums	513

2. Ständig benutzte Literatur.

Außer den am Schluß der einzelnen Abschnitte angegebenen Quellen wurden ferner bei der Bearbeitung des ganzen Werkes ständig noch die folgenden benutzt:

Baumeister, Denkmäler des klassischen Altertums zur Erläuterung des Lebens der Griechen und Römer in Religion, Kunst und Sitte. München und Leipzig 1885—1888.

Blümner, Technologie und Terminologie der Gewerbe und Künste bei Griechen und Römern. Leipzig 1884—1886. Berlin und Leipzig 1912.

Curtius, Griechische Geschichte. Berlin 1857—1861.

Daremberg und Saglio, Dictionnaire des antiquitées Grecques et Romaines. Paris 1877—1917.

Forrer, Reallexikon der prähistorischen, klassischen und frühchristlichen Altertümer. Berlin und Stuttgart 1908.

Friedländer, Darstellungen aus der Sittengeschichte Roms. Leipzig 1888—1890.

Herodot, Die Geschichten des Herodotos. Übersetzt von Lange. Leipzig.

Herons von Alexandria Druckwerke und Automatentheater. Griechisch und deutsch herausgegeben von Wilhelm Schmidt. Leipzig 1899.

Hoops, Reallexikon der germanischen Altertumskunde. Straßburg 1911 ff.

Mommsen, Römische Geschichte. Berlin 1903.

Pauly-Wissowa, Realenzyklopädie der klassischen Altertumswissenschaften. Stuttgart 1894 ff.

Plinius, Cajus Plinius Secundus' Naturgeschichte. Übersetzt und erläutert von Ph. C. Külb. Stuttgart 1840.

Tacitus, Die Germania des Cornelius Tacitus. Aus dem Lateinischen mit Einleitung und Erläuterungen von Max Oberbreyer. Leipzig.

Vitruv, Des Vitruvius zehn Bücher über die Architektur. Stuttgart 1865.

Digitized by Google

Namen- und Sachverzeichnis.

A

Abae, Tor von —. 297.
Abflußeinrichtungen für Badewasser 446, 447.
Abflußkanäle 452.
— für Regenwasser 313, 315.
Abflußrinnen für Regenwasser 308, 311, 314, 315.
Abgeschrägte Festungsmauern 289.
Abhaspeln der Kokongespinste 169, 170.
Abholzen der Wälder 251.
Abkühlung, künstliche —. 126.
Ablöschen des Eisens 53, 54.
— in Öl 54.
Abluftkanäle 263, 264.
Aborte mit Wasserspülung 444.
Abschleifen der Steine 404.
Absitzenlassen des Wassers 435.
Abstand der Radkränze an römischen Wagen 312.
Abstempelung der Geldringe 43.
Abusir 160, 216.
Abwässerentfernung 441.
Abydos 22.
—, Hausgrundrisse in —. 317.
Abzugsöffnungen für Heizgase auf der Saalburg 266.
Acheson 139.
Achet-hetep-her 103.
Achilleus, Schwert des —. 14.
—, Waffen des —. 50.
Ackerbau 85.
Ackerfurchen, Aufbrechen der —. 87, 88.
Ackergeräte 85.
Adhäsion 34.
adronitis 321.
Aetes, Vlies des —. 13.
Aeolipile 234.
agger 300.
agogas 13.
ἀγορά 277.
Ägypten, Asphalt als Mörtel 406.
— Bäckerei 98, 99, 101.
— Baumwolle 171.
— Befestigungen 288.
— Bewässerungsanlagen 451.
— Bierbrauerei 102, 103, 104.
— Blasebälge 51.
Ägypten, Blitzschutzvorrichtungen 351.
— Brennöfen 139.
— Bronzearbeiten 59.
— Brotformen 99, 100.
— Brunnen 423.
— Emailarbeiten 65.
— Enkaustik-Malerei 204.
— Farben 195.
— Flechtarbeiten 186.
— Glas 156.
— Glasaugen 160, 161.
— glasierte Fayence 140, 141.
— Glastechnik 156, 157.
— Glaswerkstätte 157, 158.
— Göpel 221.
— Hacke zur Feldbestellung 85.
— Handspiegel mit Glas 159.
— Harke 88.
— Haus 316.
— Hebel, Keil und Flaschenzug 206, 207.
— Hohlguß 58, 59.
— Holzarbeiten 74, 487.
— Holzpflüge 86.
— Kanalisationsanlagen 443.
— Kieselgeschirr 141.
— Klapper 48.
— Kornspeicher 98.
— Lampen 240.
— Lastentransport 211, 215.
— Lederbearbeitung 80.
— Lederherstellung 79.
— Malerei 199.
— Malerpalette 200.
— Massivguß 56, 57, 58, 59.
— Mörtel 406.
— Mumien 127.
— Reibstein 92, 98.
— Säge 74.
— Salzseen 130.
— Saugheber 228.
— Schiffe 485, 487, 488, 489.
— Schiffsbau 487.
— Schleiergewebe 178.
— Schlösser 338.
— Schlüssel 338.
— Schminken 119, 120, 121, 122.
— Schminkgefäße 120, 121.
— Schuhmacherwerkstatt 81.

Ägypten, Seiler 188.
— Spiegel mit Glaseinlage 159.
— Spindel 173.
— Stadtanlagen 273, 274.
— Straßen 458.
— Tauschierungsarbeit 67.
— Tempel 351.
— Toilettenkasten 122.
— Tonindustrie 134, 138.
— Töpfergeschirr 140.
— Totenbeigaben 92.
— Treibarbeit aus Goldblech 39.
— Treibform 39.
— Türen 318.
— Wage 43, 45, 208.
— Wagen 213, 216.
— Wagenbau 217.
— Wandmalerei 199.
— Wasserversorgung 423.
— Weberkämme 177, 178.
— Webstuhl 176.
— Weinbereitung 107.
— Ziegelherstellung 139.
— zusammengesetzte Bogen 222.
Ägyptischblau 197, 200.
Ägyptische Schraube 212.
Ägyptisches Porzellan 140, 141.
Ahle zur Lederbearbeitung 80, 81.
Ahorn 73.
ajas 23.
ais 23.
Akazienholz zum Schiffbau 491.
Akazienschalen als Gerbmittel 79.
Akropolis von Susa 57.
Akustik der Theater 361.
Alatri, Druckwasserleitung 430.
Alaun 48, 120.
Alaunbeize 180.
Alaungerberei 79, 80.
Albaner See, Ablassung des —. 452.
Alexander der Große 125, 452.
Alexandreia (Schiff) 491, 505, 508.
Alexandria 102.
— Einwohnerzahl 272.
— Leuchtturm 249, 250, 278.
Säulenstraße 308.
— Stadtplan 277.
— Wasserleitung 423.
Alisо 54.
Alkali 122.
Alkalisäure, Glasuren durch —. 134.
Alkanna 193.
Alkermes 193.
Alkoholgehalt des Weins 110.
Alpenstraßen, römische —. 466.
Alpenübergang des Hannibal 468.
Altarstein am Felsberg 403.
Älteste Form des römischen Hauses 322.
Älteste griechische Tempelformen 353.
Älteste Herdformen 252, 253.
Älteste Schiffsformen 482.
Ältester Stadtplan 272.
Ältestes bekanntes Glasstück 155.
Ältestes Glasgefäß 156.
Altkönig, Ringwall am —. 286.
Amalgamisation, Goldextraktion durch —. 29.
Amboß für Münzprägung 45, 47.
— zum Schmieden 50, 51, 52.
Amboßbahn 52.
Amenemhet III. 349.
— Glasstäbchen mit dem Namen —. 157, 160.
Ammianus Marcellinus 226.
Amphissa, Tor von —. 298.
Amphitheater 356, 363.
— zu Capua 221.
— zu Trier 303.
Amphoren 6, 252.
Analysen ägyptischen Porzellans 144.
— babylonischer Tongefäße 138.
— griechischer Glasuren 145, 146, 153.
Anchusa 193.
Andrée 18.
Äneis 98.
Anheben von Lasten mit dem Keil 213.
Ani, Maximen des Schreibers —. 105.
Anio novus 434.
Anker 502.
Ankerbojen 503.
Ankerwinden 496.
Anlage der Plätze 314.
— der Städte 272, 278.
— von Befestigungen an Flußwindungen 285.
Anlassen von Stahl 54.
Anlauffarben 54.
Annalen des Tacitus 171, 310, 461.
Anorganische Farben 194.
Anrampungen an Römerbrücken 474, 475.
Anschweißen von Stahlspitzen an Eisengeräte 54.
Ansetzen des Teigs 91, 99.
— einer Küpe 195.
Antentempel 353.
Anthes 262, 299.
Antimon 29.
Antimonglanz 121.
Antiochia, Säulenstraße 308.
— Straßenbeleuchtung 248.
antiquum 390.
Anwendung der Zahnräder 219.
— des Hebels 207.
ἄξονες 338.
Aosta, Stadtanlage 278.
Apelles 198, 201.
ἄπλαστον 493.
apodyterium 368.
Apodyterium der Stabianerthermen 370.
apogaeae 335.
Apollodor 233.
Appian 13, 498.
Aquädukte 432, 433, 434.

Digitized by Google

Aqua Claudia 434.
— Julia 434.
— Marcia 433, 434.
— Tepula 434.
Aquincum, Töpferöfen von —. 151.
Archilochus 103.
Archimedes 207, 211, 237, 508.
Archimedische Schraube 212, 495.
Archytas von Tarent 234.
Arena zu Trier 303, 366.
Argonautenzug 13.
ἀργυρίτις κέγχρος 15.
Ariſtophanes 237, 248, 495.
Ariſtoteles 28, 126, 170, 192, 206, 207, 219, 283, 424.
Arkeſilasſchale 210.
Armatur für Mühlen 95.
Armbruſt 221.
Armierung von Feſtungsmauern 289.
Arnondeau 212.
Arretiniſche Ware 148.
arrugia 7.
Arſen 29.
Artemon 210.
Arzneibüchſen, Deckel auf —. 21.
Asbeſt als Dochtmaterial 246.
Asbeſtfäden 175.
Aſchenbehälter 102.
Äſchylus 102, 103.
Aſem 13.
Aſphalt als Mörtel 137, 406.
— als Straßenpflaſter 308.
— zur Mumienherſtellung 131.
— zur Weinkonſervierung 108.
Aſpik, Herſtellung von —. 234.
Aßmann 493, 503, 505.
Aſſyrien, Bronzeplatten 68.
— Entwäſſerungsanlagen 451.
— Gewölbebau 392.
— Glas 160.
— Holzarbeiter 71.
— Kelek 482.
— Keramik 136.
— Kufen 211, 214.
— Rolle 212.
— Rundſchiff 483.
— Tempel, Giebeldächer 385.
— Waagen 213, 216.
— Waſſerverſorgung 415.
— Ziegel 136.
Aſtronomiſche Beziehungen der Cheopspyramide 344.
Aſychis, Ziegelpyramide des Königs —. 138.
Athen, Einwohnerzahl 272.
— Kanaliſation 447.
— Stadtmauer 296.
Athenäus 102, 125.
Ätheriſche Öle 117.
Ätolien, Tempel von Thermos 384.
atrium 255, 322, 333.
atrium displuviatum 333, 335.
Atrium, korinthiſches 333, 334.
atrium testudinatum 333, 335.
Atrium, tetraſtyles 333, 335.
— tuskiſches 333, 334.
Attiſche Silberbergwerke 14.
Aufbrechen der Ackerfurchen 87, 88.
Aufrauhen der Stoffe 181.
Aufrichten von Säulen durch Tretrad 221.
Aufrichtung der Obelisken 212.
Aufſtellen von Lampen 243, 244.
Aufzüge 213, 366.
Augen, künſtliche —. 159, 160.
Augenkrankheiten, grüne Schminken gegen— . 121.
Augenſchminken, ägyptiſche —. 120, 121.
— der Juden 122.
aulaeum 360.
Aulus Gellius 399.
Aurichalcum 20.
aurifex brattearius 37.
Auripigment 64, 122, 196.
Ausbeſſerungen im Straßenpflaſter 312.
Ausbeute der nubiſchen Goldgruben 12.
Ausdehnungskoeffizient 67.
Ausdehnung antiker Städte 272.
Ausfalltor 301.
Ausgeſtaltung der römiſchen Tore 300.
Ausgewickelte Mumie 130.
Ausgießen mit Blei 49.
Ausgüſſe, Siebbleche bei —. 40.
Aushämmern von Draht 42.
Auskehlen eines Bretts 77.
Auskleideraum der Bäder 368.
Ausnützung der Elaſtizität 221.
— des Gasdrucks 232.
Auſonius 402.
Auspichen von Weinamphoren 252.
Auspreſſen des Öls 114, 115.
— der Treſter 107.
Ausreißen der Wolle 172.
Ausſchmieden von Draht 42.
Ausſchöpfen des Sodwaſſers 495.
Ausſtopfen von Mumien 130.
Austrocknen, Konſervieren durch —. 127.
Ausweichſtellen an Straßen 459.
Autochthone Städte 273, 282.
Automaten des Hero 208, 210, 212, 219, 220.
Automatiſche Lampen 245.
Axt 71, 72, 75, 206, 215.
Axtfutteral 72, 73.
Azteken 34.

B

baaenepe 22.
Baalbeck, bearbeiteter Bauſtein 401.
— verſetzter Rieſenbauſtein 400.
Babylon, Aſphalt als Mörtel 137, 406.
— Befeſtigungen 287.

Digitized by Google

Babylon, Bier 102, 103, 105.
— Brückenbauten 473.
— Entwässerungsanlagen 451.
— Erdöl zur Beleuchtung 245.
— Festung, Plan einer —. 287, 288.
— Geldwirtschaft 43.
— Gewölbebau 392.
— Grundfläche 272.
— Kanalisationssystem 441.
— Keramik 136.
— Malerei 199.
— Schöpfwerk 207.
— Stadtanlage 273, 274.
— Stadtplan von —. 273.
— Steinverbindung 406.
— Tempel 350.
— Tongefäße, Analysen von —. 138.
— Tonplastiken, Herstellung der —. 137.
— Zement 409.
— Ziegel 136, 138.
Bacchusstab 108.
Backen 91, 97.
Bäcker 91, 98, 100.
— Mühlen eines pompejanischen —s. 96.
— aus Tanagra 100.
Bäckerei 91, 97, 98, 100.
— ägyptische —. 98, 99.
— pompejanische —. 96, 98, 101.
Backmittel 100.
Backofen, ägyptischer —. 99, 101.
— Durchschnitt durch einen pompejanischen —. 102.
— römischer —. 96, 98, 101, 102.
Bad der Burg von Tiryns 445.
Badenweiler 261.
Bäder 368.
— Bereitung der 118.
Baeyer, v. —. 120.
Bahn des Amboßes 52.
Baif 503.
Bajä, Piscina mirabilis 435.
Balanosschloß 339.
Barbotine-Vasen 147, 148.
Basaltmörser 94.
Basilika des Constantin 392.
Basiliken 378.
Bau der Aquädukte 434.
Bauarten 381.
Bauausführungen 381, 395.
Baumaterialien 399.
Baumaterial, Holz als —. 73.
Bäume, Fällen der —. 71, 73.
Baumrinde als Gerbmittel 79.
Baumsäge 71.
Baumwolle 171, 173.
— in Ägypten um 500. 171.
Baupolizei 444.
Bavian, Wasserleitung von —. 415.
Bearbeitung des Holzes 71, 73.
— der Metalle 33.
Becherwerk, Tretrad mit —. 222.
Bed 220.
Befestigen von Schiffen am Bollwerk 490.
Befestigtes Lager von Vintian 299.
Befestigung von Tiryns 295.
Befestigungen 285.
— von Troja 290, 291, 292, 294.
Befestigungsanlagen, römische —. 299.
Befestigungsgräben 286, 287.
Befestigungsmauern 287.
Befestigungstechnik, griechische —. 290.
— in Mesopotamien 287, 288.
Befestigungstürme 287.
Befestigungswälle 285.
Behandlung des Getreides 89.
Behörden, technische —. 3.
Beil 71, 74, 77, 213, 487.
Beilmesser, römisches —. 72, 73.
Beinschwarz 198.
Beizenfärberei 179.
Beleuchtung 238.
— im Bergwerk 8.
Belgrand 434, 437.
Belichtung des römischen Hauses 323.
Belisar 97.
Bemalung griechischer Vasen 145.
— der Tanagrafiguren 146.
Benagelte Schuhsohlen 81, 82.
Beni-Hassan 12, 157, 176, 486.
Beplankung von Schiffen 494.
Bereitung des Brotes 91, 97, 100.
— des Purpurfarbstoffs 192.
— der Salben 117.
— des Wollfetts 117, 118.
Bergarbeiter 5.
Bergbau, Anfänge des —. 4.
Berge 142.
Berger 201, 204.
Bergwerk, Wasserhaltung im —. 211.
Bergwerke, Anlage und Betrieb der —. 5.
Bergwerkslampen 8.
Bernstein zur Beleuchtung 238.
Berscheh 215.
Berthelot 16, 18, 29, 30, 34, 120.
Beschaffung des Holzes 71.
Bespannen des reflexen Bogen 223.
Beton 405.
Bewässerung 451.
Bewässerungsanlage der salomonischen Leitung 417.
— von Kujundschik 416.
Bewegen von Lasten durch Kufen 214.
— — — Tretrad zum —. 221.
Bewehrung der Festungstore 294.
Bezahlung des Leitungswassers 439.
Bibel 90, 92, 113, 161, 169, 190, 224, 350, 399, 417.
— Hausschwammbekämpfung in der — 399.
Bibra v. —. 19.
Bier 100, 102, 103, 104, 105.
— der Germanen 103, 105.
— obergäriges —. 105.

Digitized by Google

Bierbrauerei 102.
Bierkrüge, Verschluß mit Flansch und Dichtung 106.
Bierwürze, Bereitung der —. 103, 105.
biga 217.
Bindemittel als Baumaterial 406.
— Beton als —. 406.
— für Malerfarben 198, 202.
Binsenmark als Dochtmaterial 246.
Biologische Gärung 100.
Biot 344.
Blasebälge 12, 16, 22, 26, 50, 51.
— ägyptische —. 51.
— aus Tierhäuten 51.
Blaseröhren 51.
Blasrohr zum Schmelzen von Metall 34, 57, 68.
Blatt einer ägyptischen Hacke 85.
Blattgold 33, 64, 145, 195, 198.
— Form beim Schlagen von —. 34.
— zur Glasfärbung 161.
Blattmetalle 33, 64, 145, 198.
Blattsilber 64, 145.
— Brennspiegel mit —. 238.
Blaufärberei 194.
Blei 11, 17, 21, 48.
— Ausgießen mit —. 49, 388, 406.
— essigsaures —. 109.
— Löten mit —. 49, 397, 437, 438.
— Verwendung des —. 21.
Bleibergwerke in Spanien 21.
Bleibeschwerte Holzanker 502.
Bleibleche 40, 437, 438.
Bleichen der Stoffe 182.
Bleigefäße zur Weinbereitung 109.
Bleiglanz 22, 120.
Bleiglas 161.
Bleiglätte 15, 120.
— zur Verfälschung von Safran 194.
Bleiguß 56.
Bleiklotz vom Sahurêgrab 443.
Bleikrankheit 7, 122.
Bleilampen 8, 9.
Bleilot 397, 437, 438, 491, 509.
Bleiofen, altrömischer 22.
Bleiplatten 40.
Bleiplatten als Schiffsbelag 491, 494.
Bleipräparate, Giftigkeit der —. 122.
Bleiröhren für Wasserleitungen 437, 438.
Bleirohrzuleitung mit Hahn in Pompeji 440.
Bleisalze in Wein 109.
Bleischminken 120.
Bleisoldaten 21.
Bleisulfat 120.
Bleivergießung in Mauern 388, 406.
Bleivergiftungen 21, 110, 122, 438.
Bleivitriol 120.
Bleiweiß 122, 196.
Blitzableiter 351.
Blockbau 381.
Blockhaus 382.
Blondfärben der Haare 123.
Blümlein-Hamburg 149.
Blümner 20, 48, 73, 74, 76, 77, 81, 114, 171, 176, 181, 192, 193, 201, 402, 491.
Bockbrücken 472.
Böcker 460.
Bocksblut zum Glätten 55.
— zum Härten 54.
Bodenheizung auf der Saalburg 268, 269.
Bodenständige Lehrgerüste 395.
Bodewig 260.
Bogen 221, 222, 223.
— des Odysseus 222.
— übereinandergestellte —. 395.
— und Sehne zum Feuermachen 238.
Bogenbrücken 473, 474, 475.
Bogenspanner, griechischer —. 223.
Bogentore, griechische —. 393.
Bohlwege 460.
Böhmen, Glasburgen in —. 287.
Bohreisen zur Lederbearbeitung 80.
Bohrer 74, 75, 77.
Bohrmehl 77.
Bohrspäne 77.
Bollwerk, Haken 490.
Bombykia 171.
bombyx otus 171.
Boote aus Papyrus 486.
Borchardt 443.
Boscoreale 114.
Boyd Hawes 146.
Brachfelder 88.
Brandsohle 82.
Brandwälle 287.
Brasse 500, 501.
Brauerei, ägyptische —. 103, 104.
braune Schminken 121.
Braunfärberei 194.
Braunkohle 28.
Braunstein 49, 121.
Brausebad, griechisches 445.
Brauweiler 262.
Breidenbach 13.
Breitaxt 491.
Breite der Hafeneinfahrten 513.
— römischer Landstraßen 466.
Breitmeißel 398.
Brennen der Tongefäße 133, 134, 136.
— von Ton bei Holzkohlenfeuer 134.
Brenngläser aus Bergkristall 238.
Brennmaterialien 250.
Brennöfen für Tongefäße 134, 136, 146.
— griechische —. 146.
— römische —. 150, 151.
Brennofen von Nippur 137.
Brennraum, getrennter Feuerungs- und — bei Tonöfen 135, 151.
Brennspiegel 238.
Brenntemperatur griechischer Tonwaren 144.
— in babylonischen Tonöfen 136, 138.
Breusing 485, 493, 501, 508.

Brillen der Römer 166, 167.
Brinkmann 339, 340.
Britannien 4, 17.
Brongniart 141, 143, 150.
Bronze 15, 18, 40, 49, 63.
— etruskische —. 61.
— lederfarbige —. 64.
— Spiegel aus —. 61, 63.
Bronzearbeiten, ägyptische —. 56, 58, 59.
Bronzeäxte 71, 73.
Bronzedraht, Drahtseil aus —. 213.
Bronzefarben 198.
Bronzegeräte aus Pompeji 68.
Bronzeguß 56.
Bronzelampe mit Dochtführung 242.
Bronzen, Schmelzpunkte von —. 18.
— von Siris 40.
Bronzene Fensterrahmen 161.
— Radreifen 215.
— Tempeltür, Guß einer —. 56, 57, 318.
— Werkzeuge zum Fällen von Bäumen 71.
Bronzeräder 213.
Bronzerahmen f. Fensterscheiben 162.
Bronzetechnik um 400 v. Chr. 62.
Brot 91, 97.
— Einschießen des —es. 101.
— ungesäuertes —. 98.
Brotformen, ägyptische —. 99, 100.
Brücken 457, 470.
Brückenkopf der Rheinbrücke bei Cöln 281.
Brugsch 351.
Brunnen, ägyptische 423
— auf der Saalburg 430.
— griechische 424, 429.
— in Pompeji 438, 439, 440.
Brunnenbau mittels Zement 409.
Brustwehr der Mauern von Pompeji 301.
Brustwehren 290, 300, 301.
Bruttisches Pech 252.
buccinium 191.
buccinum murex 191.
Buch (Brandenburg) 254.
Buche 73.
Bucher 176.
Buchner 223.
Buchsbaum 73.
Büchsen für hölzerne Wasserleitungsrohre 431.
Bühnenraum der Theater 358.
Bulak 98.
bura 87.
Burdjuts 483.
Burg von Knossos 296.
— von Mykenä 295.
— von Tiryns 295.
Bürgersteige 308, 310, 312, 313, 314.
Burgtor von Tiryns 295.
buris 87.
Burnouf 293.
Bürsten der Tuche 183.
Burton 141.
Buschleute, Grabstock der —. 85.
Busley 504, 505, 506.
Butades 144.
Byblos 486.
— Taue aus —. 470.
βύσσος 171.
Byssus 171.
Byssusleinwand 129.

C

Cadix 485.
Cadmia 20.
Cälatur 38.
calda 109, 256, 258.
Caldabereitung, Kohlenbeckenherd zur —. 257, 258.
caldarium 368.
Caldarium der kleinen Thermen 372, 373.
— Kessel im — der Stabianerthermen für Wassererhitzung 260.
Caligula 505.
Campagna, Entwässerung 451, 453.
canalis 116.
candelae cereae 247.
— sebaceae 246.
— simplices 246.
candelas sebare 246.
Capri, Wasserleitungsbahn vom Palast des Tiberius 440.
Capua, Amphitheater zu —. 221.
carthamus tinctorius 194.
caeruleum 197.
Casale rotondo 390.
Cäsar 249, 503.
— Rheinbrücke 471, 472.
Castel Gandolfo, Piscina 437.
castellum 432.
Castex 362.
Castor, Töpferofen von —. 150.
Cato 109, 115, 408.
Catull 174.
Cauterium 205.
Cauterium-Enkaustik 202, 203.
cavea 359.
Chabryes 343.
Chalcedon, Sägen aus —. 71.
Chaldäisches falsches Gewölbe 393.
χαίκὸς ἠπατίζων 64.
χαλκότονον 227.
chalkotonon 227.
Chaembat 88.
Chammu-ragas 451.
Chaptal 202.
Chauken 250.
Chefrenpyramide, Mörtel der —. 406.
Chemische Behandlung von Leder 83.
— Metallbearbeitung 33.
— Stoffreinigung 179.
Cheops II. 343.
Cheopspyramide 343.

Digitized by Google

Chevreul 203.
China, Seidenkultur in —. 169.
Chineſiſcher Kammerofen 143.
Chineſiſches Porzellan 143.
Chlorſilber 12, 64.
chomt 18.
Chorobat 396.
Chorſabad, Stufenturm zu —. 350.
Chrom zum Färben des Glaſes 162.
Chryſelephantine Technik 65.
Chryſokolla 16, 48, 49, 198.
cenaculae 332.
cerussa 196.
cestrum 202.
Ceſtrum-Enkauſtik 202.
Ceulen 346.
Cicero 20, 51.
Clarac 36.
Claudius 172, 434, 452.
cloaca maxima 448, 449.
coccum 193.
Cohauſen 472.
Cöln, Kaſtellanlage 281.
— Modell des römiſchen —. 281.
— Rheinbrücke 281.
— Stadtanlage 278, 282.
Columella 88, 109.
compluvium 322.
Cornelius Nepos 296.
corpus 11.
corrugi 13.
Coruna, Leuchtturm von —. 249.
Corington 346.
Cretzſchmar 461.
cula 220.
culter 87.
Curtius 190.

D

Daberkow 19.
Dach, Ausgeſtaltung des römiſchen — s. 332, 333, 334, 387.
— griechiſches 385.
— Urform 385.
Dachanſtrich mit Pech 252.
δαίς 239.
Damenhandſchuhe aus Leder 82
Damm von Alexandrien zur Inſel Pharos 278.
Dampfdruck 231.
— Kochen mit —. 234.
δᾶς 239.
Dattelpalme 73.
Davidſon 348.
Davy 180, 202.
Deck 495, 501.
Deckel auf Arzneibüchſen 21.
Deckſchwellen 461, 462.
Deckziegel 386.
decumanus 279.
Definition der Maſchine des Vitruv 206.
defrutum 109.
Dehnbarkeit der Metalle 33.
Deichſel 216.
— des Pflugs 86, 87.
Deinokrates 277.
Delbrück 105, 106.
Delitzſch 137, 274.
Delos, Tor von —. 298.
Demoſthenes 318.
dentale 87.
Dexel 74, 487.
Diadem, getriebenes — aus Mykenae 39.
Diatretagläſer 164, 165.
diazoma 359.
δίβαφον 191.
Diels 100, 231, 339.
Dienerin mit Schlüſſel 340.
Dieren 503.
Diergart 20, 148, 149.
δίμυξοι 242.
Dio Caſſius 477.
Diodor 7, 12, 88, 102, 128, 129, 137, 210. 211, 287.
Diokletiansthermen 368.
δίολκος 507.
Dionyſios von Alexandrien 227.
Diopter 396.
Dioscorides 16, 36, 49, 114, 117, 122, 179, 194, 196.
Dipterostempel 355.
Diskus 68.
Diſteln zum Aufrauhen der Stoffe 181.
Dochtführungen an Lampen 241, 242, 243.
Dochtmaterial 246.
Dochtverſchiebung, ſelbſttätige — an Lampen 245.
Dolchſcheiden aus Leder 82.
dolium 108.
Dollinger 126, 140.
Dollpflöcke 494, 495.
Donaubrücke des Trajan 477.
Donner 201.
Doppelart 72, 491.
Doppelfärbung bei Purpur 191.
Doppelgräben auf der Saalburg 306.
Doppelhelling 508.
Doppelſchwalbenſchwanz 97.
Doppelſeitiger Leuchter für verſchiedene Kerzenſtärken 247.
Doppelte Beplankung 495.
Doppelwälle am Altkönig 286.
Doppelwänden, Kohlenbeckenherd mit 257.
Doriſche Säulen 352.
Dorne zum Schmieden 51.
Dornenleuchter 247.
Dörpfeld 131, 358, 428, 506.
Doutrain 151.
Dow Covington 346.
Dragendorff 260.

Digitized by Google

Draht durch Aushämmern 42.
— durch Ausschmieden 42.
— gezogener 42.
Drähte 41.
— Länge alter —. 42.
Drahtseil 42, 213.
Drainagen, Siebbleche für —. 40.
Drainierungsanlagen 451.
Drehbank 78, 210.
Drehen der Mühlen 96.
Drehrad 206, 210.
Drehtür, ägyptische —. 318.
Drehtür der Burg von Tiryns 295.
Drehzapfen an ägyptischen Türen 318.
Dreizügiger Flaschenzug 213.
Dreschen des Getreides 89, 103.
Dreschflegel 90.
Dreschmaschinen 90.
Drillbohrer 74, 75, 77.
Druck des Dampfes 231.
— des Wassers 231.
Druckheber 228, 231.
Druckwasserleitung 427, 430.
Dugga, Säulenstraße 308.
Dumpalme 73.
Dünger 88.
Durchlöcherte Tonröhren zur Entwässerung 451.
Durchschnitt der Stadtmauer von Pompeji 301.
— eines pompejanischen Mauerturms 301, 302.
— römischer Straßen 463.

E

Ebenholz 75.
Ebers 120, 161, 203.
echaia 361.
Eckardt 256.
Eckenbildung an Befestigungen 299.
Edda 92.
Edelsteine, künstliche —. 167.
Edfu, Tempel von —. 351.
Efeu zum Feueranmachen 237.
Egge 88.
Eibenholz, Bogen aus —. 221.
Eiche 73.
Eichelschalen als Gerbmittel 79.
Eichenholz für Türen 337.
Eifeler Römerkanal, Mörtel des —. 409.
— Wasserkalk 409.
Eileithyia 487.
Einarm 225.
Einbalsamierung 129.
Einbalsamierungsmittel 130.
Einbau der Theater in Hügel 357, 364.
Einbaum 482.
Einfache Maschinen 206.
Eingeweidekrug 129, 130.
Eingußtrichter 57, 61.
Einlaßöffnungen für Abflußkanäle 313, 315.
Einleitung 1.
Einsalzen, Konservieren durch —. 127.
Einschießbretter 101.
Einschießen der Brote 101.
Einschüttöffnung an Mühlen 94, 95, 96.
Einschüttrichter 95, 96.
Einweichen der Felle 79.
— des Leders 81.
Einwohnerzahlen antiker Großstädte 272.
Eis, künstliches —. 125, 126.
Eisen 11, 22, 48, 49, 53.
„Eisen" (Spitzkeil) 6.
— Ablöschen des —s. 53, 54.
— Härten von —. 53, 54.
— norisches —. 29.
— zum Färben von Glas 156.
Eisendübel in Mauern 388.
Eisenerzeugung in Germanien 25.
Eisenlegierung 20.
Eisenoxyd 195.
Eisenoxyduloxyd 121.
Eisenschmelze, vorgeschichtliche —. 26.
Eisenspat 196.
Eisenverklammerung von Mauern 388, 406.
Eisenvitriol 64.
Eisenwerkzeuge, Anschweißen von Stahlspitzen an —. 54.
Eiserne Ankerketten 503.
Eiserner Zapfen in römischen Mühlen 95, 96.
Eisernes Tor, Straße 468.
Eiskeller 125.
ekkyklema 358.
Elastizität, Ausnützung der —. 221.
Elektron 13, 39, 44, 63.
Elfenbein 67.
ἕλκυσμα 15.
Elsterbeerbaum 194.
Email 67.
Emailarbeiten, ägyptische —. 65, 141, 142.
— römische 66.
Emmerich 256.
emo 87.
Enge der römischen Straßen 282, 283, 310.
Engelsbrücke 476.
Engobieren 149.
Enkaustik 202.
Ennio 160.
Entfärben von Glas 159, 162.
Entflammungsgefahr bei Lampen 242, 246.
Enthaarungsmittel 122.
Enthülsen des Getreides 91.
Entlastungsloch über dem Sturzblock an Toren 297.
Entlüftungsstollen an Wasserleitungen 419.
Entschälen des Seidenfadens 170.
Entwässerung 451.
— der Grabhügel von Ur 451.
Entwässerungsanlagen an Straßen 464.
Entwässerungsanlagen in der Campagna 453.

Digitized by Google

Entwicklung der Keramik 133.
ἐπάλξεις 290.
Ephesus, Säulenstraße 308.
— Tor von —. 297.
Epinetron 175.
Epirus 68.
Erasistratus 256.
Eratosthenes 506.
Erbsmehl in nordischen Broten 97.
Erdharz als Mörtel 137, 406.
Erdkultur 88.
Erdöl als Leuchtöl 246.
Erdwinde 220.
ergata 220.
Erhitzung großer Wassermassen 260.
Erle 73.
Erlenrinde zum Gerben 79.
Erman 211.
Eroten bei der Ölbereitung 116.
— als Goldschmiede 68.
— als Tischler 76.
ἐρυθόδανον 193.
Erz 18.
Erze, silberhaltige —. 14.
Erzguß 58.
— Erfindung des —es. 144.
Erzspanner 227, 231.
escarpe 300.
Esche 73, 491.
Espartogras 186.
Essig, Feuer und —. 7, 468.
Essigbereitung 110.
Etrusker 87.
Etruskischer Kerzenständer 247.
Etruskische Tonwaren 144.
Etruskische Überlieferungen bei römischen Stadtgründungen 279.
Euainetos 45.
Eumenes II. 278.
εὑρεῖν 502.
Eupalinos von Megara 397, 425, 427.
Euphratbrücke 475.
εὐθύτονα 226.
exostra 358.

F

Fabriken für künstliche Edelsteine 167.
Fachbildung am Webstuhl 178.
Fachwerkbau 381, 383.
Fachwerkbauten zu Rom 282.
Fackel 239.
Fackelhalter 239.
Fackelträgerin 239.
Faden, Verarbeitung des —s. 175.
Fahrdamm bei Landstraßen 467.
— bei Stadtstraßen 311.
— mit Trittsteinen 313.
Fahrstuhl 213.
Fajûm 201, 202, 452.
Fällen der Bäume 71, 73.
Fallgatter an Festungstoren 302.
Falscher Kiel 492.
Falsches Gewölbe 393.
Falschgeld 61.
Falschmünzergußformen 63.
Falschmünzerstempel 44, 61, 63.
Färbeginster 193.
Färbemittel für Glas 162.
Farben, Dauerhaftigkeit der —. 195.
— der Ägypter 195.
Färben der Augenlider 120.
— der Fingernägel 121.
Farben der Freskotechnik 200.
Färben der Gewebe 179.
Farben der Griechen 195.
Färben der Haare mit Seife 119.
Farben der Maler 194.
Färben der Mumienbinden 193.
— des Leders 83.
— des Glases 156, 157, 159, 160, 162.
Farben der Römer 196.
Färben des Silbers 64.
Farben, Verfälschungen der —. 193, 194, 196, 197, 198.
Färberei 179, 190.
Färberröte 193.
Farbige Emaillen in Ägypten 142.
Farblacke 180.
Farbloses Glas, Nilsand zur Herstellung von —. 159.
Farbstoffe 190, 193.
Faschinen 73.
— in römischen Pfahlgräben 306.
Fässer für Weintransport 108, 109.
„Fäustel" 6.
Fayence, glasierte ägyptische —. 140, 141, 142.
Federschlösser 340.
Feilen 51, 54, 55.
Feingarn 174.
Feintreiben 68.
Feldbestellung 85, 88.
Feldlager, römische —. 305.
Feldsteine, Herd aus —n. 254.
Feldwirtschaft, umschlägige —. 88.
Felge mit Auskehlung 213.
Felle, Einweichen der —. 79.
— ungegerbte —. 79.
Fellenberg 19, 20.
Felsenmeer im Odenwald 402, 403.
Felssprengen mit Feuer und Essig 7, 468.
Fenster des griechischen Hauses 321.
— des römischen Hauses 321.
Fensterrahmen aus Bronze 162.
Fensterscheiben aus Glas 162.
Festbinden lockerer Zähne mit Metalldraht 41.
Festung, Plan einer babylonischen —. 287, 288.
Festungsmauern in Nippur vor 4000 v. Chr. 288.

Digitized by Google

Festungstore, Schutz der — durch Türme 287, 294.
Festungstürme 284, 287, 294, 299.
Festungswerke am Nildelta 289.
Fette, Gewinnung der —. 113.
— Technik der —. 113.
Fettschminken 119.
Feuer und Essig 7, 468.
Feuer zum Holzfällen 71.
Feueranmachen mit Bogen und Sehne 238.
Feueranzünden durch Brennspiegel 238.
Feuerbohren 237, 238.
Feuergase, Entweichen der —. 258.
Feuerkanal bei Töpferöfen 151.
Feuerlöschdienst in Rom 233.
Feuerpfannen 239, 240.
Feuersgefahr in Rom 282, 326.
Feuerspritze des Ktesibios 232, 233.
Feuerstätten 252.
Feuersteinschneiden an Geräten 89.
Feuertür 258.
Feuerungsraum, getrennter Brenn- und — bei Tonöfen 135, 149.
Feuervergolden 64.
Feuerwarten für die Schiffahrt 248.
Feuerzangen 57.
Feuerzeuge 237.
Fieber 438.
Fiesole, Hypokaustenheizung zu —. 261, 263.
— römisches Theater 361.
Filigranarbeiten, römische —. 64.
Filigranieren 67.
filum 246.
Filzherstellung 185.
Fingerhüte 184.
Fingerringschlüssel 342.
Firnissen der Gemälde 201.
First am Schatzhaus zu Gela 386.
Firstbalken 385.
Fischer, Georg —. 149.
— Karl —. 149.
— L. G. 202.
Flache Decken der Griechen 393.
Flachs 171, 172, 186, 470.
— als Dochtmaterial 246.
— Verarbeitung des —. 172.
Flachziegel 333, 385.
Flammarion 344.
Flammensicheres Holz 399.
Flankierungstürme 287, 294.
Flanschverschluß der Bierkrüge 106.
Flaschenzug 206, 212, 213.
Flechtarbeiten 185, 186.
Flechten 175.
Flechtwerk, römischer Wehrgang mit —. 307.
— zur Feldbestellung 88.
Flinders Petrie 22, 121, 156, 157, 201, 401.
Flugapparat des Archytas 234.
Flußeisen 28.
Flußschiffe 498, 499.
Flußwindungen, Anlage von Befestigungen an —. 285.
Fodmast 501.
folles hircini 51.
— taurini 51.
Förderung von Erz 7.
Form und Gegenform beim Gießen 56.
— beim Schlagen von Blattgold 34.
Formen aus Holz und Stein zur Treibarbeit 39.
— von Glasgefäßen mit Tonkern 159.
— zum Glasblasen 165.
Formstein aus Granit zum Treiben von Schmucksachen 36.
Forster 153, 171.
forum civile in Pompeji 311.
— triangulare zu Pompeji 310, 311.
Forumsthermen, Heizung in den — zu Pompeji 255.
Fouqué 197.
Franchet 146, 164.
Franghia 421.
Frankenburg bei Schlettstadt 287.
Franklin 352.
Frauenhaare zur Herstellung des Nervenbündels 225.
Freskogemälde zu Knossos 199.
Freskotechnik, Farben der —. 200.
— römische —. 201.
Friedländer, L. 282, 283, 325, 384.
— P. 192, 193.
frigidarium 368.
Frigidarium der kleinen Thermen 373.
Frischeisen 28.
Fritte, farbige —. 157.
Fruchtwechsel 88.
Fuchs bei Heizungen 263.
Fuchsschwanz 76.
Fucinersee 452.
fucus marinus 194.
Füllen der Ollampen 245.
Fullonen 179.
Fullonica 180, 181, 182.
Füllungen an Türen 337.
funale 239.
Fundamentierung der Engelsbrücke 476.
Fünfzigruderer 499.
Fünfzügiger Flaschenzug 213.
Furchen, Aufbrechen der — 87, 88.
Fusch 262.
Fußbadewannen 446, 447.
Fußböden, römische —. 325.
Fußsteige an Landstraßen 467.
Futterale aus Leder 82.
— für Handwerkszeug 72, 75.
Futtermauern 391.
— trojanische —. 290.

Digitized by Google

G

Gades 485.
Galen 119, 125, 126, 256.
Galläpfel als Weinzusatz 108.
Gallienus 19.
Gallische Seife 118, 119.
Gallischer Bohrer 77.
Galmei 20, 48, 49.
Galmei als Lot 49.
Gänsekopf 493, 496, 501.
Gären des Teigs 91, 98, 100.
Gärgefäße 103, 107, 108.
Garn, Färben des —s. 179.
Garnbaum 176.
Gärung der Bierwürze 105.
— des Bieres 100, 102, 105.
Gärungstechnik 91.
Gasdruck, Ausnützung des —s. 231.
Gasfeuerung in römischen Töpferöfen 152.
gauli 485.
γαῦλοι 485.
Gebeuteltes Mehl 98.
Gebläse 22, 26, 27, 50, 51.
Gebräuche bei römischen Stadtgründungen 279.
Gebrauchsdruck des Leitungswassers 437.
Gefällswasserleitung 427, 430.
Gefärbte Keramiken 134.
Geflochtener Kinderschuh 186.
— Rohrstuhl 187.
Gegenform beim Metallguß 56.
Gegengewicht, Hebel mit —. 206.
Gegenreibsteine für Mühlen 96.
Gegenstempel 47.
Gegorene Getreidegetränke 103.
Geitel 249, 507.
Gela, Gesims und First am Schatzhaus zu —. 386.
Gelbfärberei 194.
Geld, ägyptisches —. 43.
Geldringe, Abstempelung der —. 43.
— Wiegen der —. 44.
Geldwirtschaft in Babylonien 43.
Geleise an griechischen Straßen 458.
Gellius 234.
Gemälde auf Holz 201.
— auf Leinwand 201.
Gemäldeschutz 162, 201.
Genagelte Schuhsohlen 81, 82.
genista 193.
Geoponica 100.
Gerasa, Säulenstraße 308.
Geräte, landwirtschaftliche 89.
— zur Enkaustikmalerei 202, 203.
— zum Schmieden 50, 51, 52.
Gerbbrühe, Herstellung der — in Ägypten 79.
Gerberei 79.
Gerbereiwerkzeuge 80.
Gerbmittel 79.
Gerbsäure 79.
Gerbstoffe, Stampfen der —. 79.
Germanen, Eisenerzeugung 25.
— gegorene Getränke 103, 105.
— Keramik 152.
— Ofen mit Rost 259.
— Schiffe 499.
Germania 105, 499.
Germanien, römischer Grenzwall gegen —. 286, 306.
Germanisch-römische Töpferwaren 152.
Gerste 91, 97, 102, 105.
Gerstenmalz 105.
Gerstenmehl zur Brotbereitung 98.
Gesamtlänge der römischen Straßen 460.
Geschlossene Lampen, römische —. 242.
Geschütze 221, 224.
— mit Visiervorrichtung 227.
Geschwindigkeit der Schiffe 505.
Gesetze über Brunnenbenutzung 424.
Gespinste 169.
Gestein, taubes —. 5.
Gesundheitliche Maßnahmen 7, 283, 315.
Gesundheitsschädliche Farben 196, 197.
Getreide, Behandlung des —s. 89.
— Enthülsen des —s. 91.
— Mahlen des —s. 91.
— Worfeln des —s. 90, 91, 103.
Getreidegetränke, gegorene —. 103.
Getreidegrieß 93.
Getreidespeicher 88, 90.
Getreidestampfen, Mörser zum —. 94.
Getrennter Brenn- und Feuerungsraum bei Tonöfen 135.
Getriebene Metallkessel 41.
Getriebenes Diadem aus Mykenae 39.
Gewänder, Herstellung der —. 183.
Gewebe 169.
— Färben der —. 179.
— Reinigung der —. 178.
Geweihe als Werkzeug im Bergbau 5.
Gewicht der Anker 502.
Gewinnung der Metalle 11.
— der Textilrohstoffe 171.
— des Purpurs 192.
Gewölbe aus mehrfachen Lagen 394.
Gewölbebau 392.
Gicht an Schachtöfen 16.
Gichtschwamm 16.
Giebeldach 385.
Giebeler 428.
Gießen der Metalle 56.
— der Münzplättchen 45.
— des Glases 159.
Gießerwerkstatt, griechische —. 60.
Giftigkeit der Bleipräparate 122.
— des Bleiweiß 196.
Gips und Kalk als Mörtel 406.
glans missilis 21.
Glas 156.
— als Gemäldeschutz 162, 201.

Digitized by Google

Glas aus mykenischer Zeit 161.
— Entfärben von —. 161.
— farbloses ägyptisches —. 159.
— Fensterscheiben aus —. 162.
— Laternenscheiben aus —. 248.
— unzerbrechliches —. 166.
— Ursprung des —es. 156.
Glasaugen, ägyptische —. 160, 161.
Glasblaseformen 165.
Glasblasen 158, 159, 160.
Glasbläserei, römische —. 165.
Glasbläserpfeife 165.
Glasbläserzange 165.
Glasburgen 287.
Glaseinlage, ägyptischer Spiegel mit —. 159.
Glasfluß, Färben des —. 159, 162.
Glasflüsse auf frühen Tongefäßen 134.
Glasgefäß, ältestes —. 157.
Glasgefäße, Formen von —n über einem Tonkern 159.
Glasierte assyrische Ziegel 136, 138.
— Fayence in Ägypten 140, 141.
Glasmacherkunst, Niedergang der ägyptischen —. 159.
Glasrosetten, ägyptische —. 160.
Glasschleiferei 165.
Glasschmelz 67.
Glasspiegel der Römer 166.
Glasstäbchen mit dem Namen Amenemhet III. 157, 160.
Glasstück, ältestes bekanntes —. 156.
Glastafeln, gegossene —. 162.
Glastechnik, ägyptische —. 157.
— der Griechen 161.
— der Phönizier 160, 161.
— der Römer 161.
glastrum 194.
Glasur griechischer Vasen 144.
— schwarze —. 145.
Glasuren, türkisblaue ägyptische —. 142.
— Analysen griechischer —. 145, 146, 153.
— auf Tongefäßen 134.
— auf Tongeschirr in Ägypten 141.
Glaswerkstätte von Tell-el-Amarna 157, 158.
Glättbeil 77.
Glätten der Holzoberfläche 71, 487.
Glatzel 494, 502.
Glaukos 48.
Gleicharmige Hebelwage 210.
Gleisspuren im Straßenpflaster 312.
Glühweinbereitung 109.
Gnomon 509.
— die Cheopspyramide als —. 346.
Gold, weißes —. 13.
Gold- und Silberbergwerke in Thrazien 4.
Goldamalgam 65.
Goldbänder 37.
Goldblech 33.
— Treibarbeiten aus —. 39.
Goldbronze als Malfarbe 195, 198.
Golddurchwirkte Gewänder 170, 175, 190.
Goldelfenbeintechnik 66.
Goldenes Vlies 13.
Goldextraktion durch Amalgamation 29.
Goldfäden, Verspinnen von —. 175.
Goldfarbe 198.
Goldgewinnung, ägyptische 12.
Goldglas 162.
Goldgruben, Ausbeute der nubischen —. 12.
Goldlot 49.
Goldmünzen 64.
Goldschläger, Darstellung eines —s. 34.
— römischer 35.
Goldschlägerhammer 37.
Goldschlägertechnik, Vergleichtabelle neuzeitlicher und römischer —. 36.
Goldschmied 66.
Goldschmiede, Eroten als —. 68.
Goldschmiedewerkstatt, römische —. 68.
Gondlach 151.
Gonneville 133.
Göpelrad 220, 221.
Göpelwerk 97, 220, 423, 424.
Gosse 97.
Gossenanlage in Pompeji 315.
Gräber 428.
Grabgewölbe von Mugeir 393.
Grabhügel von Ur, Entwässerung 451.
Grabklammern von Mykenae 296.
Grabmal des Theodorich 401.
Grabmäler an römischen Straßen 467.
Grabscheit 85.
Grabstock 85.
Granatäpfelschalen als Gerbmittel 79.
Granger 138.
Granit, Formstein aus — zum Treiben von Schmucksachen 36.
Granitarbeiten, römische —. 402, 403.
Graser 505.
Gravieren 43.
Gravierung 44.
Grenzwall, römischer — gegen Germanien 286, 306.
Griechen, Ankerformen 502.
— Befestigungstechnik 287, 290.
— Bogen 222.
— Brausebad 445.
— Brücken 474.
— Brunnen 424, 429.
— Dach 385.
— Farben 195.
— Frauen, Getreide stampfend 94.
— Gewänder 184.
— Gewölbebau 393.
— Gießerwerkstatt 60.
— Glastechnik 161.
— Hackenpflug 86.
— Haus 318.
— Holzarbeit aus Mykenae 78.
— Kanalisationsanlagen 444.
— Keramik 144, 153.
— Klappspiegel 63.

Digitized by Google

Griechen, Kronleuchter 244.
— Lager vor Troja 290.
— Lampen 240, 243.
— Lampengeſtelle 243, 244.
— Leichenkonſervierung 131, 132.
— Leuchter 247.
— Maler 200.
— Malerei 199.
— Mörtel 407.
— Münzen 45.
— Münzſtempel 45.
— Schiffbau 492.
— Schiffe 490, 499, 501.
— Schiffsform 493.
— Schlöſſer 338.
— Schmiedewerkſtatt 52.
— Stadtanlagen 274.
— Straßen 458.
— Tempel 352.
— Theater 356.
— Töpferſcheibe 145.
— tragbarer Ofen 258, 259.
— Vaſenmalerei 144.
— Wagen 216, 218.
— Waſſerverſorgung 424.
— Webſtuhl 176.
Griesſäule 87.
Grobſchmied, römiſcher —. 53.
Grödner Tal, Kalkofen im —. 406.
— unterſchlächtiges Waſſerrad im —. 97.
— Waſſerrad im —. 231.
Groma 396.
Größe der antiken Theater 361.
— der Schiffe 505.
Großgartach 253.
Großſtädte, Ausdehnung antiker —. 272.
— Einwohnerzahl antiker —. 272.
Grundlagen der maſchinellen Technik 207.
Grundplan des ägyptiſchen Hauſes 317.
Grundriß der Saalburg 304.
— der Villa des Hadrian bei Tivoli 330.
— des griechiſchen Hauſes 319.
— des griechiſchen Theaters 359.
— des Hauſes der Vettier 326.
— des römiſchen Theaters 360, 361.
— des römiſchen Hauſes 322, 323.
— eines pompejaniſchen Landhauſes 329.
Grundriſſe pompejaniſcher Häuſer 326, 328, 329, 333, 335, 336.
Grundrißentwicklung griechiſcher Tempel 352, 353.
Grundſtein für Mühlen 95.
Grüne Schminken gegen Augenkrankheiten 120. 121.
Grünſpan 49, 120, 198.
Gudiaſtatue, Stadtplan auf einer —. 272, 288.
Gullah 126, 140.
Gurnia, Anlage der Stadt —. 275.
Guß einer Bronzetür in Ägypten 318.
— einer Tempeltür 56, 57, 318.
Guß eines Reliefs 56.
— mit verlorener Form 61.
— von Münzen 43, 61.
Gußeiſen 56.
Gußform 56.
Gußkaſten 57.
Gußmodell 56.
Gußſand 56, 57.
Gußſtahl 23.
Gußſtücke, große — aus Glas 159.
— Nachbearbeitung der —. 59.
Gußtiegel 57.
Gußzapfen 61.
Guſtaſſon 23.
Gymnaſion von Pergamon 428.
gynaekotis 321.
gypsophilla struthium 179.

H

Hacke 85, 86.
— koptiſche — 85.
Hackenpflug 85, 86.
Hadrian, Villa des — bei Tivoli 330, 391.
Häfen 511.
Hafenbauten 511.
— aus Beton 405.
Hafer zur Brotbereitung 97.
Hahn für Waſſerleitungen 440.
Hakenziegel 264.
Halbmondförmiges Schuſtermeſſer 81.
Halbſeide, Herſtellung von —. 170.
Halden 5.
Halfe 44.
Halm, Ph. M. 149.
Hämatinon 162.
Hamblock 409.
Hammer 6, 7, 12, 22, 50, 51, 52, 68.
— für Goldſchläger 37.
— für Treibarbeit 40.
— im Bergbau 5.
— zum Feintreiben 68.
Handbuch für Seefahrten 508.
Handelsſtraßen 457.
Handgriff am Pflug 87.
Handmeißel 76.
Handmühlen 92, 95.
Handwerkszeug des Bergbaues 6.
— des Schiffszimmermanns 491.
— mit Schutzvorrichtungen 72.
— römiſcher Maurer 397, 398.
— zur Holzbearbeitung 73, 487.
— zur Lederbearbeitung 80, 81, 82.
Hanf 172, 186.
— als Dochtmaterial 246.
Hannibal, Alpenübergang 468.
Harke 86, 88, 398.
Harken der Kaffern 86.
Harmamaxa 216.
Harnack 106.
Härten des Eiſens 53.

Digitized by Google

Härten mit Bocksblut 54.
— mit Öl 54.
Härteprüfung von Edelsteinen 167.
Hartlöten 48.
Härtungskohlenstoff 54.
Hartzink 20.
Harz als Dichtungsmittel 106, 108.
— als Weinzusatz 108.
Harze, verschiedene — zur Mumienherstellung 131.
Harz zum Löten 48.
— zur Ölkonservierung 117.
Haspel 220.
Hathsopsitu 485.
Haus, ägyptisches —. 316.
— der silbernen Hochzeit 324.
— der Vettier in Pompeji 68, 116, 326, 327.
— — — Grundriß 236.
— — — Säulenhof und Garten 327.
— des Hyrkanos 320.
— des Sallust, Modell 332.
— — — Plan 328.
— griechisches 318.
— römisches 321.
— orientalisches 316.
Häuser 316.
— römische, Höhe 282, 325.
Hausmauern, trojanische 290.
Hausschwamm, Bekämpfung des —s. 399.
Hawara 201.
Heaton 199.
Hebebalken an Ölpressen 115.
Hebel 206, 207.
— mit Gegengewicht 206.
Hebelgesetz, Entdeckung des — durch Archimedes 207.
Hebelwage, gleicharmige 210.
Hebemaschinen, mehrzügige 213.
Heben von Wasser 207, 424.
Heber 228.
Hebezeuge beim Pyramidenbau 211.
Hecheln des Flachses 172.
Heddernheim, novus vicus von —. 299.
— römische Straße bei —. 463, 464, 466.
— Sikerkanal bei —. 466.
— Töpferofen von —. 150.
Heeresbrücken 471.
Heeresstraßen 457.
Hefe 100, 105.
Heidelbeere 193.
Heidenmauer auf dem Odilienberg 287.
Heilborn 222.
Heiligenberg, Töpferofen von —. 150.
Heizkraft der Kohlenbecken 255.
Heizloch des Praefurniums auf der Saalburg 265, 266.
Heizung 251.
— des Tepidariums der Forumsthermen zu Pompeji 255.
— durch Hohlziegel 261.
Helbig 76.
Helling 490.
Heliopolis 273.
Helwes 438.
Hemmkette 217.
Henkelkörbe zur Erzförderung 6.
Henna zum Schminken 121, 123.
Hennig 248, 249, 352.
Heptastadion 278.
Heraion zu Olympia 352, 384, 387.
Herastatue von Dulci 59, 60.
Herculanum 116, 117, 261, 264.
— Laterne aus —. 247.
Herde 28.
Herdformen, alte 252, 253, 254.
Herkulaner Tor zu Pompeji, Plan 304.
Herkules, Riesenstatue des —. 35.
Herodot 17, 44, 87, 88, 97, 98, 102, 106, 117, 126, 127, 128, 129, 131, 132, 137, 138, 170, 171, 173, 174, 178, 179, 210, 240, 246, 273, 351, 406, 416, 427, 452, 470, 484, 485, 494, 506, 508.
Heron von Alexandria 116, 208, 210, 212, 219, 220, 229, 233, 234, 245, 396.
Heronsball 234.
Herschel 344.
Herstellung babylonischer Tonplastiken 137.
— der Münzen 43.
— von Kelefs 482.
Hesekiel 486.
Hesiod 11, 16, 75, 387, 506.
Heuser 152.
Hiero von Syrakus 108.
Hieronymus 248.
Hilbrecht 137.
Hildesheimer Silberfund 48, 49, 63.
Hill, J. R. 22.
Hille 121.
Himmelsrichtung, Anlage der via principalis nach der —. 279.
Hinds 416.
Hintersteven 492.
Hippodamos 274, 283.
Hippokrates 54.
Hiram von Tyrus 352.
Hirano 143.
Hirse zur Brotbereitung 97.
Hirt 211.
Hiskia, Wasserleitung des —. 421.
Hoang-ti 169.
Hobel 72, 74, 76, 78.
Höchsttemperatur bei Hüttenprozessen 25.
Hofbäckerei Ramses III. 101.
Hofmann 109, 162.
Höhe der römischen Häuser 282, 283, 325.
Hohlguß 57, 58.
— Wandstärke bei —. 59.
Hohlziegel 261, 263, 264, 333, 334.
Holunder 73.
Holz als Baumaterial 399.
— als Brennmaterial 251.

Holz, Bearbeitung des —es. 71, 73.
— Beschaffenheit des —es. 71, 73.
— Feueranmachen durch Reiben von —. 236.
— Formen aus — zur Treibarbeit 39.
— Glätten der Oberfläche von —. 71, 72, 487.
— Polieren von — mit Steinen 75.
— Säulen aus —. 71, 74, 352.
Holzanker mit Stein 502.
Holzarbeit griechische — aus Mykenae 78.
Holzarbeiten, ägyptische 75.
— römische 78.
Holzarbeiter, assyrische 71.
Holzarchitektur 381.
— mit Tonplattenverkleidung 384.
Holzarmatur an Mühlen 96.
Holzarten 73.
— zum Schiffbau 491, 500.
— zur Pflugherstellung 86, 87.
Holzbearbeitung in Ägypten 74.
Holzbogen, griechischer —. 222.
Holzdübel in Säulentrommeln 389.
Hölzerne Gußmodelle 56.
— Wagenräder 215, 216.
Holzfässer für Wein 108, 109.
Holzhammer 74.
Holzimprägnierung 399.
Holzkeile, Sprengen der Steine durch —. 400.
Holzkerne für Lederfutterale 82.
Holzkohle 28, 134, 251.
Holzkohlenfeuer zum Tonbrennen 135.
Holzpflug 86.
Holzriegelwerk, Befestigungen mit —. 286.
Holzrohre für Wasserleitungen 428, 431.
Holztafelgemälde 201.
Holzverkleidung ägyptischer Brunnen 423.
Homer 14, 17, 20, 36, 50, 53, 57, 71, 77, 90, 93, 94, 98, 110, 113, 118, 144, 169, 172, 178, 191, 213, 217, 221, 222, 237, 239, 248, 251, 290, 299, 321, 339, 491, 498.
Homerisches Schloß 339.
Honig als Weinzusatz 108.
— zur Leichenkonservierung 131.
Hopfen zur Bierbereitung 104.
Horaz 20, 51.
Horn, Laternenscheiben aus —. 248.
Hostmann 198.
Howard-Dyse 346.
Hrozny 102.
Hübner 172, 193.
Hufeisen, römische —. 55.
Hügelstädte, Anlage 275, 277, 278.
— römische 278.
Huntemüller 419.
Hüttenprozesse, Höchsttemperatur bei —n. 25.
Hüttenwesen 11.
hyacinthus 193.
Hyazinthpurpur 191.
Hydraulik 228.
Hydraulische Mörtel 406, 409, 463.
Hygiene der Kohlenbeckenheizung 255.
Hygienische Grundsätze bei Stadtanlagen 283, 315.
hypocaustum 262.
hypogaeae 335.
Hypokaustenheizung 261, 262, 263, 265.
— auf der Saalburg 265, 266, 269.
Hypozom 501.
Hyrkanos, Haus des —. 320.

J

Ilias 50, 90, 93, 145, 178, 217, 222, 248, 251, 287, 290, 294, 498.
Iliastafel des Lesches 508.
Ilios, Schlüssel aus —. 340.
imbrices 333.
Immerheißer 199.
impluvium 322.
Inder, Pikota der —. 208.
indicum 194.
Indien, Gießen in —. 56.
— Jute in —. 171.
— Seidenindustrie in —. 170.
Indigo 193, 194.
Ingenieurkorps 3.
Inneneinrichtung des römischen Hauses 322, 331.
interpensivae 333.
Irisierende Gläser 163.
Irispulver 109.
ἴσατις 194.
isodomum 389.
Isidorus 65, 238.
Isoliermauern 262.
Istar, Triumphpforte von —. 138.

J

Jacobi 55, 260, 263, 265, 268, 339.
ianua 322.
Japan, Seidenindustrie in —. 170.
Jeremias 94, 122.
Jerusalem, Einwohnerzahl 272.
— Kanalisation 442.
— Wasserleitung 417.
Josephsbrunnen 5.
Josephus 249.
Juden, Augenschminken 122.
— Blitzableiter 351.
— Geschütze 224.
— Rauschgetränke 106.
— Seide 171.
— Wasserversorgungsanlagen 417.
— Ziegelherstellung durch — in Ägypten 139.
Julianus Apostata 256.
Julierstraße 466, 468.
Jupitersäule zu Mainz, Verdollung 389, 404.

Digitized by Google

Jupitertempel zu Baalbeck 401.
Jute 171.
Juvenal 246, 283.

K

Kadmos 4, 485.
Kaiserpalast zu Trier 394, 395.
Kalfatern der Schiffe 494.
Kalk als Gerbmittel 79.
— Brennen des —s. 409.
— der frühen Fresken 200.
— Kunstmassen aus —, Quarz und Magnesia 405.
— Löschen des —. 409.
— Mörtel aus Öl und —. 512.
Kalk-Natronglas 156.
Kalk und Gips als Mörtel 406.
Kalköfen 408, 409.
Kalksilikate, Glasuren durch —. 134.
Kalksteinsplitter mit ausgetuschter Zeichnung 37.
Kallias 197.
Kallimachus 243.
Kältetechnik 125.
Kambyses 11, 142.
Kammerofen, chinesischer —. 143.
Kammerzug 172.
Kanal des Sennacherib 416.
Kanäle aus Hohlziegeln 261.
— für Regenwasserabfluß 313, 315.
— offene — zur Wasserzuführung 416.
— unterirdische — zur Wasserzuführung 419.
Kanalheizung 267, 268, 269.
Kanalisation 441.
— von Jerusalem 442.
Kanalisationsanlage von Athen 447.
Kanalisationsanlagen von Nimrud 441.
Kanalisationsröhren aus Beton 405.
Kanalleitung der Trierer Wasserleitung 435.
Kanalsysteme im Orient 441.
Kanalwage 397.
Kanope 129, 130.
Karawanenstraßen 458.
Karbidkohle 26.
Karpasischer Flachs als Dochtmaterial 246.
Karthago, Einwohnerzahl 272.
Kaschmirschals 171.
Kasematten in Tiryns 295.
Kasseler Ofen 136, 137.
Kassiteriden 17.
κασσίτερος 17.
Kastell, aus einem — hervorgegangene Stadtanlagen 278.
— von Niederbieber 299.
Kastellanlage des römischen Cöln 281.
Kastellartiger Brückenkopf der Rheinbrücke bei Cöln 281.
Kastelle am Limes, Lageplan 306.
Kastelle, römische 305.
Kastenguß 56.
kastira 17.
Katapult 224.
Katasteramt, römisches 282.
Keil 206, 207, 212, 213.
Keile im Bergbau 5.
Keilform babylonischer Ziegel 139.
Keilförmige Pflugschar 87.
Keilpresse 116, 117.
Keilschnittgewölbe 393, 394.
Keilspanner 227.
Keim 201.
Kelek 482, 483.
Kelle 398.
Keller, römische 335, 336.
Keltern des Weins 106, 107, 114.
Keltische Befestigungen 286, 287.
Keramik, ägyptische 138.
— babylonische 136.
— Entwicklung der —. 133.
— germanische 152.
— griechische 143.
— römische 147.
kerkis 359.
Kermes 190, 193.
Kermeseiche 87.
κήρυξ 191.
Kerzen 239, 246.
Kerzendochte, Imprägnierung mit Schwefel 246.
Kerzenleuchter 247.
Kerzenständer, etruskischer 247.
Kerzenträger 247.
Kessel, pompejanischer — mit Rost 258, 259.
— zur Warmwasserbereitung in den Stabianerthermen 260.
Kiefer 73, 491.
Kiefernrinde in nordischen Broten 97.
Kiellegung 492.
Kielschwein 493.
Kienspan 238.
Kiepenheuer 409.
Kieselgeschirr, ägyptisches 141.
Kimolos, Walkererde von —. 181.
Kinderschuh geflochtener — 186.
Kinderspielsachen 21.
Kinyras von Zypern 52, 207.
Kisa 157, 160.
Kitt, manganhaltiger 49.
— für Weinfässer 109.
Kitten 48, 49.
Klapper, altägyptische 48.
Klappspiegel, griechischer 63.
Klaproth 19.
Klärbassins 435.
Klären des Weins 107.
Kleie zur Sauerteigbereitung 99.
Kleine Thermen zu Pompeji 372, 373, 374.
Kleinheit der römischen Wohnräume 325, 331.

Digitized by Google

Kleinſchlag 463.
Klepſydra 229, 230, 509.
κληθεὶς ἀερστόνος 227.
Klob 76.
Klobukow 23.
Klopfen von Sohlleder 81.
Klopfer zur Lederbearbeitung 80.
Kneten des Teigs 98, 99.
Knetwerke, mechaniſche 98, 99.
Knochenwerkzeuge im Bergbau 5.
Knoſſos, Abort mit Waſſerſpülung 444.
— Burg von —. 296. 321.
— Freskogemälde zu —. 199.
— Pallaſt des Minos zu —. 321.
— Theater von —. 358.
Knüpfen 175.
Kobert 21, 102, 103, 110, 122, 438.
Koblenz, Stadtanlage 278.
Kochen mit Dampfdruck 234.
Kohlenbecken 255.
— Heizkraft der —. 255.
Kohlenbeckenheizung, Hygiene der —. 255.
Kohlenbeckenherd zur Warmwaſſerbereitung 257.
Kohlenbrennen 252.
Kohlenmeiler 252.
Kohlenoxydgas 25.
Kohlenpfanne 255.
Köhler 251.
Koiſche Gewänder 171.
κόκκος 193.
Kokongeſpinſte, Abhaſpeln der —. 169, 170.
Kolchis 13.
Kollergang 114.
Köln, Waſſerleitung 409.
Koloſſeum zu Rom 363, 364.
Kommandobrücke auf Schiffen 488, 490.
Konſervieren von Leder 83.
— von Nahrungsmitteln 127.
Konſervierte Fiſche 127.
Konſervierung des Weins 108.
Konſervierungsverfahren 125, 127.
Konſtruktionsverfahren mit Verhältniszahlen 228.
Kontreemail 68.
Kopaisſee, Entwäſſerung 452.
κοπρίαι 315.
Koptenmumien 129.
κοπῶνες 315.
Korinthiſche Pinakes 6, 15.
— — Metallurgiſche Öfen auf —. 14.
Korinthiſches Atrium 333, 334.
— Erz 63.
Kork für Ankerbojen 503.
— Schwimmgürtel aus —. 483.
Kornreiberin 92.
Kornſpeicher, ägyptiſcher 98.
Kosmetik, Lanolin in der —. 117.
Koſtbarkeit des Purpur 170, 191, 193.
Koſten der Aquädukte 434.
Kran 213.
Krandrehſcheibe 213.
Krapp 190, 193.
— zur Lederfärbung 83.
Krates 452.
Kratzen der Stoffe 181.
Kreide von Selinus 196.
Krell 255, 260, 261, 262, 267.
Krempeln der Wolle 172.
Kreta 54.
Kreuz, laufendes — auf Tongefäßen 134.
Kreuzbügel, Ringlampe mit —. 243.
Kreuzgewölbe 395.
Krieger von Suſa 138.
Kriegsfackel 239.
Kriegshafen bei Kap Miſenum 511.
Kriegsmaſchinen 210.
— auf Schiffen 496.
Kriegsſchiff, aſſyriſches 484.
Kriegsſchiffe, ägyptiſche 490.
Kronleuchter, griechiſcher 244.
— römiſcher 243.
κρόσσαι 290.
Krukenlampen 9.
Kruſemann 212.
κτείς 177.
Kteſibios 227, 229, 231, 232.
Kufen 211, 213, 214, 215, 216.
Kühlſchiff zur Bierbereitung 106.
Kühlung, künſtliche 125.
— mit Schnee 125.
— Roſtſtäbe mit —. 255.
Kujundſchik 71, 214, 288.
— Befeſtigungen von —. 288.
— Bewäſſerungsanlage 416.
Kuliſſen 358.
Kultur des Ölbaums 113.
— des Weinſtocks 108.
Kunſtaugen der Ägypter 160, 161.
Künſtliche Edelſteine 167.
— Krümmung der Radfelge 217.
Künſtlicher Zinnober 197.
Kunſtmaſſen als Baumaterial 405.
Kunſtſteine 405.
Küpe, Anſetzen einer —. 194.
Kupfer 11, 15, 40, 49.
— Färben des —s. 64.
— zum Färben von Glas 159, 161, 162.
Kupferbergwerke Ägyptens 16.
— auf der Sinai-Halbinſel 4.
Kupferbeſchlagene Maſten als Blitzſchutz 351.
Kupferblech, Löten von —. 48.
Kupferdrähte um 3500 v. Chr. 41.
Kupfererze 25.
Kupfergewinnung, hüttenmänniſche 16.
Kupferguß 56.
Kupferlaſur 195, 196.
Kupferminen von Rio Tinto und Tharſis 5.
Kupferoxyd 196, 121.
Kupferplättchen, Feilſpäne von —. 36.
Kupferrohrleitung vom Sahurêgrab 444.
Kupferſchmiede, ein Gefäß treibend 37.

Digitized by Google

Kupfervitriol 36.
— zur Lederfärbung 83.
Kupferzinnlegierung für Münzen 44.
Kupila 208.
Kuppelgewölbe 395.
Kuppelstein vom Grabmal des Theodorich 401.
Kurbel 206.
Kürschner 80.
Kürschnermesser 80.
Kurtine 294.
Kutubsäule 23, 26.
Kwaß 102, 103, 104.
κύανος 198.
Kydias 197.
Kyklopenmauern 387.
— von Mykenae 295, 387.
— von Tiryns 296, 387.
Kyklopische Mauern von Troja 290, 291.

L

Lackmus 194.
Ladefähigkeit der Handelsschiffe 486, 504.
Läden, griechische 321.
Läden in Pompeji 310, 312, 313, 314, 323, 335, 336.
— römische 323, 335, 336.
Ladenauslagen, Schutzzelte für —. 313.
Ladenbauten in der Festungsmauer von Nippur 288.
Ladentische, Läden mit — in Pompeji 312, 314.
Ladenverschluß 336, 337.
Lageplan der Saalburg 304.
Lagerstätten, sekundäre 13.
Lakonien 54.
Lambaesis, Säulenstraße 308.
— Stadtanlage 278.
Lamer 384.
Lampe des Heron 245.
— des Philon von Byzanz 245.
Lampen 6, 239.
— Einfüllen des Öls 245.
— Modellschüssel für — 241.
— selbsttätige 245.
Lampendochte 246.
Lampenfest, ägyptisches 240.
Lampenfüße 243, 244.
Lampengestell für eine Lampe 243.
— für vier Lampen 244.
— hängendes 244.
Landmarken 508.
Landstraßen 457.
Landwirtschaft 85.
Landwirtschaftliche Geräte, römische 89.
Lange 380.
Lanolin 117.
Lastentransport 214, 221, 401.
Lastschiffe 486.
Lastwagen 216.
La-Tène-Zeit 62, 89.
— Befestigungsanlagen der —. 287.
— germanischer Rostofen aus der —. 259.
Laterne aus Herkulanum 247.
Laternen 247.
Laternenscheiben 248.
lates niloticus 127.
latus clavus 190.
Laufendes Kreuz, Zeichen des — auf Tongefäßen 134.
Laurie 197.
Laurion 22.
Lavaplatten, Pflaster aus —. 312.
Layard 71, 238, 406, 441, 457.
Le Chatelier 143.
Leder, chemische Behandlung des —s. 83.
— Dolchscheiden aus —. 82.
— Einweichen des —s. 80, 81.
— Färben des —s. 83.
— Glätten des —s. 80.
— Herstellung und Verarbeitung des —s. 79, 80.
— Konservieren des —s. 83.
— Schwarzfärben von —. 83.
— Streden des —s. 80.
Lederbearbeitung in Ägypten 80.
— sichelförmiges Messer zur —. 80.
— Werkzeuge zur —. 80.
Lederfutterale, Herstellung von —. 82.
Lederherstellung in Ägypten 79.
Lederriemen 81.
Ledersorten 80.
Legierungen 63.
Lehmann 256.
Lehmann-Haupt 482.
Lehmkern 59.
Lehrgerüste für Gewölbebau 392, 395, 441.
Leichenkonservierung, griechische 131.
Leim beim Schiffsbau 491.
Leimfarben, Bemalung griechischer Tonfiguren mit —. 146.
Leinen 171.
Leinöl als Leuchtöl 246.
Leinwand, Gemälde auf —. 201.
— Segel aus —. 486.
Leisten für Schuhe 81, 82.
Leitern in Bergwerken 6.
Lenkgriff am Pflug 87.
Lepsius 21, 211, 289, 349, 406.
Lesches, Iliastafel des —. 508.
Lessing 199.
Leuchter 247.
Leuchtfeuer 249, 508.
Leuchtöle 246.
Leuchtturm von Coruna 249.
— von Alexandria 249, 250, 278.
Leuchttürme 248, 508.
Leydener Papyrus 193.
Libanius 248.
Lichtstärke der Lampen 244, 246.

Digitized by Google

Lichtverhältnisse des römischen Hauses 323.
Liebreich 117.
limes 286, 302, 305, 306.
Limes, Wachttürme am —. 302, 303.
Linde 73.
Lippmann, v. 29, 166, 193, 469.
λιθάργυρος 15.
λιθοβόλα 226.
Livius 468.
Liutfeu 169.
Locheisen 43.
Lochstanze 43.
Lochsteine der pergamenischen Wasserleitung 428.
Löffelbohrer 76, 77.
Lohgerberei 79, 80.
Lorbeerbaum 87.
Lorbeer zum Feueranmachen 237.
Löschdienst in Rom 237.
Lösungskälte 126.
Lot 397.
— Blei als —. 49.
Lote für Schiffe 21, 508, 509.
Löten 48.
— Galmei zum —. 49.
— Grünspan zum —. 49.
— Technik des —s. 49.
— von Edelmetallen 49.
Lötkolben 49.
Lötmittel 48.
Lötnähte römischer Wasserleitungsröhren 437, 438.
lotos medicago arborea 194.
Lotosbaum 194.
Lotoskörner zur Brotbereitung 97.
Lotse 507.
Löwentor von Mykenae 295, 297.
Luebeck 493, 501, 503.
Lucanus 249, 498.
Lucas, A. 130, 406.
Lucretius Carus 256.
Ludowici 136, 152.
Luftabschluß, Konservieren durch —. 127.
Luftdruck 227, 231.
Lufterneuerung in Bergwerken 7.
Luftschächte in Wasserzuleitungen 419.
Luftspanner des Ktesibios 227, 228, 231.
Luppe, Bearbeitung einer —. 54.
Luppen 28.
Lure 19.
Luschan, v. 126, 140.
Luther 171.
Lüttgen 409.
lutum 194.
Luxusholz 73.

M

Magermittel 407.
Magma 405.
Magnesia, Kunstmassen aus —, Quarz und Kalk 405.
Mahlen des Getreides 91.
Mahlstein 93, 94, 95.
Mainz, Jupitersäule 389, 404.
— Rheinbrücke 478.
Maische, Erhitzen der —. 106.
Maischgefäße 103.
Majonica 119.
Makadam 308.
Malachit 16, 48, 49, 195, 198, 201.
Maler, griechischer 200.
Malerei, enkaustische 202.
Malerfarben 194.
Malergrab bei St. Médard des Prés 203.
Malerpalette, ägyptische 200.
Malerpinsel 199.
Maltechnik 199.
Malz zur Bierbereitung 105.
Malzbrot zur Bierbereitung 102, 103.
Mangan als Entfärbungsmittel 159, 162.
— zum Färben von Glas 159.
Manganerz 49.
Manganhaltiger Kitt 49.
manicula 87.
Marcellustheater 359.
Mariette 349.
Markt von Priene 276, 277.
Martial 119, 122, 123.
Martin 352.
Marzabotto 273.
Maschine, Definition des Vitruv 206.
Maschinelle Technik, Grundlagen der —. 207.
Maschinen, einfache 206.
Maschinenanlagen der Theater 358, 366, 368.
Maschinensaal auf dem Palatin 213.
Masken der Schauspieler 361.
Maspero 35, 349.
Massivguß 56, 58.
Mast 487, 500.
Mastkopf 500.
Mastkorb 490.
Maßstab 397.
Matrize 47.
Matschoß 460.
Mattglas 161.
Mattiakugeln 123.
mattium 123.
Mau 68.
Mauer des Herakles 287.
Mauergang in Tiryns 295.
Mauern 287, 295, 296, 299.
— mit wagerechten Steinlagen 387.
— ohne Bindemittel 388.
— Verklammerungen 388.
— von Babylon, Tonplastiken an den —. 137.
— von Mykenae 295, 387, 388.
— von Norba 388.
— von Tiryns 295, 387.
— von Pompeji 300, 301.
— von Troja 290, 291, 292, 293.

Digitized by Google

Mauerschutz an Wüstenstraßen 458.
Maulbeerbaum 73.
— Kultur des —s. 169.
Maulbeerfasern, Papier aus —. 43.
Maurerwerkzeug 397, 398.
Mayhoff 202.
Mechanik, technische 206.
Mechanische Gewebereinigung 179.
— Knetwerke 98, 99.
— Metallbearbeitung 33.
— Probleme des Aristoteles 206, 219.
Medaillen 47.
megaron 319, 321.
Mehl 91.
— gebeuteltes 98.
Mehlsiebe 98.
Mehlsorten 97.
Mehrlader 227.
Mehrstöckige griechische Häuser 320, 321.
Meilensteine, römische 467, 468.
Meiler 252.
Meißel 18, 22, 74, 76, 213, 397.
melinum 196.
Memphis 87.
Menges 221.
Mennige 122, 123, 197.
— Zusatz von — zum Wein 109.
Merckel 416, 511.
Mesopotamien, Befestigungstechnik in —. 287, 288.
Messen der Schiffsgeschwindigkeit, Apparat zum —. 510.
Messene, Rundtürme zu —. 294.
— Tor von —. 297.
Messer zur Lederbearbeitung 80, 81.
Messerschmied, römischer 53.
Messing 20.
Met 103.
Metallanker 502.
Metallbearbeitung, besondere Techniken der —. 66.
— chemische 33, 63.
— mechanische 33.
Metalldraht 41.
Metalle, Bearbeitung der —. 33, 56.
— Dehnbarkeit der —. 33.
— Gewinnung der —. 11.
— Gießen der —. 56.
Metallene Pflugscharen 87.
Metallfärbung 63, 64.
Metallguß 56.
Metallkessel, getriebene 41.
Metallkitt 49.
Metallplättchen mit der Schere geschnitten 43.
Meteoriten 22.
Methone, Hafen 511, 512.
Methymna, Druckwasserleitung 430.
Michaelis 445.
Milch zur Brotbereitung 97.
Milchsäurebazillus 105.
Millefiorischale, römische 166.
Millefioritechnik 160.
Minos, Palast des —. 321.
Misenum, Kriegshafen 512.
Misolunghi, Tor von —. 298.
Mittelmeerschiff 490.
Mittelschlächtiges Wasserrad 97.
Modell zum Gießen 56.
Modellierhölzer 60.
Modellschüssel mit Tonrelief 136.
— zur Herstellung von Lampen 241.
Mohn zur Brotbereitung 97.
mola trusatilis 92.
Molenbauten 511, 512.
Moltke 483.
μόλυβδος 17.
μονάγχων 225.
Moneren 503, 506.
Monte Testaccio 136.
Montjosieu 202.
Monumentalbauten 343.
Morgan 57.
Morgansche Sammlung 143.
Mörissee 452.
Mörser aus Stein 12, 94.
— griechische Frauen am — Getreide stampfend 94.
Mörserkeule 94.
Mörtel, ägyptische 406, 444.
— Asphalt als —. 137, 406.
— aus Gips und Kalk 406.
— aus Kalk und Öl 513.
— griechische 407.
— Mauern ohne —. 388.
— römische 406.
— wasserdichte 405, 512.
— zur Betonherstellung 405, 512.
Mosaiktechnik, römisches Wandbild in —. 324.
Moselbrücke bei Trier 479.
Most 109.
— zur Sauerteigbereitung 99.
Muffel 15.
Muffelöfen, römische 152.
— zur Pechbereitung 252.
Mugeir, Grabgewölbe von —. 393.
Mühle 91, 92, 94, 95, 96.
— Grundstein 95.
— Zapfen und Scheibe einer römischen —. 95.
Mühlen, steinerne 12, 94, 95, 96.
Mühlsteine 95, 97.
Müllabfuhr 315.
Müller 91, 92.
Müller, Kurt 161.
Müllerlieder 92.
Mumie, ausgewickelte 131.
— Unterarm einer —. 130.
Mumien 127, 128, 129, 130, 131, 132.
— Ausstopfen von —. 130.
Mumienbinden, Färben von —. 193.

Digitized by Google

Mumienfettsäuren 131.
Mumienherstellung 129, 130, 131.
Mumienhülle 131.
Mumienmacherinstrumente 128.
Mumifizierung 129, 130, 131.
Münzbild 45.
Münzen, griechische 45.
— Herstellung von —. 43, 61.
— mit Spuren der Prägetechnik 46.
— römische 45.
Münzformen 63.
Münzguß 61.
Münzlegierungen 21.
Münzmetall 45.
Münzplättchen, Gießen von —. 45.
Münzprägung 44, 45, 47.
— Amboß für —. 45, 47.
— Zangen für —. 47.
Münzstätten 61.
Münzstempel 44, 45.
murex brandaris 191, 192.
— trunculus 191, 192, 193.
murrina vasa 164.
Murrinische Gefäße 164.
murus gallicus alternis trabibus ac saxis 286.
Muschelseide 171.
Mykenae 39, 40, 41, 42, 49, 58, 78, 144, 147, 198.
— Burg von —. 295, 296, 387.
— Löwentor 295, 297.
— Schatzhaus des Atreus 393.
— Schlüssel 340.
— Wanne für Fuß- und Sitzbad 446.
Mykenische Steinlampen 240.

N

Nachbearbeitung der Gußstücke 59.
Nägel beim Schiffsbau 491.
Nähnadeln 184.
Nahrungsmittelkonservierung 127.
Naphtha als Leuchtöl 246.
Naram-Sin 288.
Natrium 127.
natrum 129, 130.
Naxos 54.
Nebukadnezar 136, 473.
Necho II. 506.
Nero 125, 167, 511.
Nervenbündel 224.
Neter 179.
Netzmauerwerk 327, 391.
Neuburger 23, 396, 469.
Neumagen 209.
Neumann 397.
Newton 344.
Nidda 241.
Niederbieber, Kastell von —. 299.
Niedergang der ägyptischen Glasmacherkunst 159.
Niello 63, 65.
Niemann 246.
Nieten 48.
Nikander 196.
Nike von Samothrake 513.
Nikias von Megara 180.
Nilakazie 73.
Nilboot 487.
Nildelta, Festungswerke am —. 288.
Nilsand zur Herstellung farbloſen Glases 159.
Nilwasser, Zuleitung des —s. 423, 452.
Nilüberschwemmungen 452.
Nimrud, Kanalisationsanlage 441, 442.
Ninive 207, 238.
— Pflasterstraße nach —. 457.
— Wasserversorgung 415.
Nippur, Festungsmauern von —. 288.
— Stadttor von —. 137, 288.
— Tonofen von —. 137.
νίτρον 100, 180.
nitrum 130, 180.
Nivellierinstrumente 396.
Nomadenzelt, Ursprung des Wohnhauses 316.
Norba, Mauern von —. 388.
Norisches Eisen 29.
Novum Ilium 243.
novus vicus bei Heddernheim 299.
Nub 11.
Nubien 11, 142.
Nußöl zur Ölmalerei 204.

O

Obelisken, Aufrichtung der —. 212.
Oberflächenhärtung 54.
Obergäriges Bier 105, 106.
Oberlahnstein 259.
Oberleder 81.
Oberschlächtiges Wasserrad 97, 231.
Obsidianglas 163.
Oechelhäuser 452.
Ochsendärme als Schläuche 233.
Ochsenhäute für Blasebälge 51.
Ochsenzungenkraut 193.
Oder 196, 200.
Odenwald, Felsenmeer im —. 402, 403.
Odilienberg, Heidenmauer auf dem —. 287.
Odyssee 77, 93, 94, 110, 118, 221, 239, 248, 321, 338, 491, 496.
Odysseus, Bogen des —. 221, 222.
Ofen 15, 16, 258.
— auf korinthischen Pinakes, metallurgische —. 14.
Ofen mit Feuerrost 258, 259.
Ofen, tragbarer, aus Pompeji 258.
— von Nippur 137.

Digitized by Google

Ofen zum Brennen von Ton 134, 146, 149, 150, 151.
— zur Pechbereitung 252.
Ofenbruch 15.
offa 93.
Offene Gräben, Entwässerungsanlagen mit —. 453.
— Kanäle, Wasserversorgung durch —. 416.
— Siedelungen 285.
Offenes römisches Theater, Grundriß 360.
Öffentliche Aborte mit Wasserspülung 445.
— Aufstellung der Stadtpläne in römischen Städten 282.
— Bauten 343.
Öffnen des homerischen Schlosses 339.
oikos 320.
οἰσύπη 117.
οἴσυπον 117.
οἴσυπος 117.
ὀλχός 490.
Öl, Ablöschen in —. 54.
als Gerbmittel 79.
— Auspressen des —s. 114, 116, 117.
— Mörtel aus Kalk und —. 512.
— wohlriechendes —. 113, 117, 119.
— zur Brotbereitung 97.
— zur Lederkonservierung 83.
— zum Härten 54.
— zur Nahrungsmittelkonservierung 127.
Ölauffüllung, selbsttätige — an Lampen 245.
Ölbaum 113.
Ölbereitung, Eroten bei der —. 116.
Öle, ätherische 117.
— Gewinnung der —. 113.
— Verwendung der —. 118.
Ölgefäß, Lampe mit — 241.
Ölharzmalerei 204.
Oliven, Herabschlagen der —. 114.
— Zerquetschen der —. 115.
Olivenholz beim Schiffsbau 491.
Olivenöl 113.
— als Leuchtöl 246.
Olivenpresse 211, 212.
Ölkelterei in Stabiae 117.
Ölkonservierung 117.
Ölmalerei 204.
Ölmühle 114.
Ölpresse 113, 114, 115, 116, 117.
— mit Keilen 116.
— mit Preßbaum 115, 116.
— mit Schraube 116.
Olympia, Heraion 352, 384, 387.
— Plan der Palästra 447.
ὀμφάκιον 114.
Onager 225, 226, 496.
Onos 175.
ὀξυβελῆ 226.
Ophir 13.
opus incertum 390.
opus reticulatum 390, 391.
— signinum 313.
— spicatum 391, 392.
orchestra 358.
Organische Farbstoffe 190, 193.
ὀρείχαλκος 20.
Orient, das Haus im —. 316.
— Kanalisation im —. 441.
— Schiffe 482.
— Straßen 457.
ὄρφανα 226.
Orseille 193, 194.
Oseberg, Wikingerschiff von —. 23.
Osiris 11.
Osmose 92.
Ostia, Trajanshafen 513.
ostium 332.
oesypum 117.
oesypus 117.
Overbed 76, 102, 256, 260, 300, 334.
Overbed-Mau 260.
Ovid 118, 123.

P

paginae 337.
Palaeros, Tor der heiligen Straße 393.
Palast zu Knossos 321.
Palaestra der Stabianerthermen 371.
Palatin, Maschinensaal auf dem —. 213.
palintona 226.
παλίντονα 226.
Palisaden an der griechischen Mauer vor Troja 290.
— Ringwälle mit —. 286.
Palmbast, Flechtarbeit aus —. 186.
Palmwein, babylonischer 106.
Palmyra, Prachttor 308, 309.
— Säulenstraße 308, 310, 401.
Pancatantram 126.
Pantheon 392.
Papier aus Maulbeerfasern 43.
Papiergeld 43.
Papinscher Topf 234.
Papyrus als Dochtmaterial 246.
— Anastasi 102.
— Rollin 93.
Papyrusboote 486.
Papyrussegel 486.
Papyrusstaude 486.
Papyrusstreifen, Mehlsiebe aus —. 98.
paradoi 357, 358.
Parallelstraßen, Anlage von — zu Solunt 275.
Paraskenion 357, 358.
parietes communes 322.
Patara, Druckwasserleitung von —. 430.
Pausanias 352, 387.
Pech als Bindemittel für Preßkohlen 251.
— zum Dichten 108, 252, 494.
Pech, Verwendung von — bei Treibarbeit 40.

Digitized by Google

Pechbereitung 252.
pecten 177.
pelagium 191.
Peluſium 102.
Penelope, Webſtuhl der —. 176.
Pentaspastos 213.
Pentekontere 499.
Penteren 503.
Percy 20, 23.
Pergamon, Abort mit Waſſerſpülung 444.
— Anlage der Stadt 278.
— Druckheber bei der Waſſerverſorgung von —. 231.
— Mörtel von —. 407.
— Orcheſtra des Theaters 357.
— Theater zu 356, 357.
— Waſſerleitung von —. 427.
pergulae 332.
Periakten 358.
Perikles 210, 274.
periploca secamone 79.
Peripterostempel 354.
Periſtyl mit ungleich hohen Säulenwänden 324.
Periſtylhaus 320, 323.
Perſer, Gläſer der —. 161.
Perſeus von Mazedonien 91.
Perſien 67.
Perſiſche Keramiken, Analyſen von —. 140.
Perſiſcher Wagen 216.
Petrie 121, 156, 157, 201.
Petronius 166.
Pettenkofer 162, 163, 256.
Pfähle, Fäulnisſchutz der — der Pfahlgräben 305.
Pfahlgräben, Faſchinenwände in —. 306.
Pfahlgraben, römiſcher —. 305.
Pfahlroſte bei Brückenbauten 477, 478.
Pfahlwege 461, 462.
Pfeilſpitze, ägyptiſche 44.
Pferdehaare, Mehlſiebe aus —. 98.
Pflanzenöle zu Wohlgerüchen 119.
Pflanzenſäfte als Gerbmittel 79.
Pflaſterbreite der römiſchen Straßen 283.
Pflaſterung der Landſtraßen 457, 464.
— der ſtädtiſchen Straßen 282, 308, 312, 313.
Pflug 85, 86, 87.
— Anwendung bei römiſchen Stadtgründungen 279.
— zuſammengeſetzter 86.
Pflugarbeit, ägyptiſche 88.
Pflugbaum 87.
Pflugdeichſel 86.
Pflügen, Technik des —s. 87.
Pflugmeſſer 87.
Pflugſchar 86, 87.
Pflugſohle 87.
Pfriemen 80.
Pfropfen der Schiffe 506.
Pfünz, Groma von —. 396.
φανός 239.
Pharos 278.
Phigalia, Tor von —. 298.
Philon von Byzanz 207, 208, 221, 227, 229, 245.
Philumenos 234.
Phönizier, Bergbau 4.
— Glastechnik 160, 161.
— Hafenbauten 511.
— Purpurfärberei 190.
— Schiffahrt 507.
— Schiffe 484.
— Segeleinrichtung 485.
— Straßenbauten 458.
Phosphorſäuregehalt griechiſcher Mörtel 407.
Phrygien, Kwaß in —. 103.
Pikota 207, 208.
Pinakes, korinthiſche 6, 15, 145.
— Metallurgiſche Öfen auf korinthiſchen —. 14.
Pindar 108.
Pinie 73, 491.
Pinner 118, 122, 161, 190.
Pinſel 199.
Pinſel-Enkauſtik 202.
Piraneſi 476.
Piräus, Anlage der Hafenſtadt 274, 275.
— Verbindung des — mit Athen 296.
Piscina bei Caſtel Gandolfo 436.
Piscina mirabilis 435, 513.
Pittakos 92.
Plafondvergoldung 34.
Plan der Caracallathermen 376.
— der Hypokauſtenheizung der Saalburg 266.
— der kleinen Thermen zu Pompeji 372.
— der Stabianerthermen zu Pompeji 369.
— der Thermen des Agrippa 378.
Pläne pompejaniſcher Häuſer 326, 328, 329, 333, 335, 336.
Planmäßige Stadtanlagen 273, 274, 275, 279, 280, 282.
Plaſtizität des Tons 133.
Platin 29.
Platkow 253.
Plato 20.
Plattenwege 464.
Plattenziegel 264, 333, 334.
Plätze, ſtädtiſche 308, 315.
Plauen, Schladenwall bei —. 287.
plaustrum 217.
Plautus 20.
Plinius 7, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 23, 48, 49, 52, 54, 65, 66, 78, 79, 83, 88, 91, 93, 95, 99, 100, 102, 108, 109, 116, 117, 118, 119, 122, 125, 156, 163, 164, 165, 166, 167, 170, 172, 179, 186, 191, 192, 193, 194, 196, 202, 203, 207, 211, 238, 249, 251, 252, 283, 330, 337, 352, 402, 406, 486, 500, 506, 509.
Plombieren der Zähne 34.
plostellum Poenicum 90.

Digitized by Google

plumbum album 17.
— candidum 17.
Plutarch 92, 125, 132, 192, 239.
pocula murrina 164.
podium 359.
Polenta 97.
Polieren der Steine 404.
— der Terra Sigillata 149.
— von Holz mit Steinen 75.
Polierſtein zur Lederbearbeitung 80.
Poliorketes 512.
Politur griechiſcher Vaſen 144.
Polyeren 503.
Polygonbau 387, 388.
Polykrates 511.
πολύμυξοι 243.
Polyspastos 213.
Pomaden 123.
Pompeji, Abort mit Waſſerſpülung 445.
— Badofen 101, 102.
— — Durchſchnitt 102.
— Baſilika 379, 380.
— Bleirohrzuleitung mit Hahn 440.
— Brunnen 438, 439.
— Fenſterſcheiben aus Glas 162.
— forum civile 311.
— — triangulare 311.
— Gullonica 180, 181, 182.
— Herkulaner Tor 304.
— Jupitertempel 353.
— Haus der ſilbernen Hochzeit 324.
— Häuſerpläne 326, 328, 329, 333, 335, 336.
— Keſſel mit Roſt 258, 259.
— kleine Thermen 372, 373, 374.
— Mauern 300, 301.
— Mühlen 96, 98, 99.
— Plan eines Landhauſes 329.
— Stabianerthermen 369, 370, 371.
— strada del tempio di Augusto 312.
— Straßen 310.
Pomponius Mela 507.
Pons Aelius 476.
— Cestius 477.
— Fabricius 477.
Pont du Gard 395.
Ponte Lucano 475.
— Salario 475.
Pontiniſche Sümpfe, Entwäſſerung 453.
Porcius Cato 378.
Poroſität babyloniſcher Ziegel 137.
— griechiſcher Tongefäße 144.
πορφύρα 191.
porta decumana 279.
— — der Saalburg 305.
Porta maggiore 434.
— nigra 302.
porta praetoria 279.
— principalis dextra 279.
— principalis sinistra 279.
— sinistra der Saalburg 305.
Portlandvaſe 165.
Porzellan, Analyſe ägyptiſchen —s. 143.
— ägyptiſches 140, 143.
— chineſiſches 143.
Porzellanofen, chineſiſcher 143.
Poſelger 219.
polybolos 227.
πολυβόλος 227.
Pottaſche 179.
— als Reinigungsmittel 118.
Prachtplatz, Plan eines römiſchen — 311.
Prachtſtraße, römiſche 311.
Prachtſtraßen 308, 311.
Prachttor von Palmyra 308, 309.
praefurnium 259, 263, 265, 268.
Praefurnium der Saalburgheizung 263, 265, 266, 268.
Prägen 43.
Prägeſtempel 44.
Prägetechnik, Münzen mit Spuren der —. 46.
prätonium 196.
Pregél 219.
Preis der Purpurſtoffe 170, 190, 192.
— der Seide 170, 171.
— des Leitungswaſſers 439.
Prellſteine an Straßenecken 313.
Preßbaum an Ölpreſſen 115, 116.
Preſſe, Keil —. 117.
Preſſe mit Schrauben 116.
— Öl—. 114, 115.
— Wein—. 107, 108.
— Wipp—. 116.
Preſſen der Stoffe 182.
Preßkohle zur Erzarbeit 251.
Priene 244, 276.
— Plan des Markts von —. 276.
— Wannenanlage 446, 447.
— Wohnhaus 319, 320.
proedrie 359.
Prora von Samothrake 513.
proskenion 358.
prostas 320, 321.
Proſtashaus 320.
Proſtylostempel 353.
protopum 108.
Prüfung der Reinheit des Silbers 15.
Pſammetich I. 30.
Pſeudo-Ariſtoteles 20.
Pſeudodipteros 355.
pseudoisodomum 389, 390, 392.
Pſeudokeramiken, ägyptiſche 141.
ψιμύθιον 196.
Ptolomäus Philadelphus 108, 506.
Puch 122.
Pukall 142.
Puntfahrten der Ägypter 507.
Punzen 40.
Purpur 190.
purpura 191.
— haemostoma 191.

Digitized by Google

purpura lapillus 191.
Purpuraſe 192.
Purpurblume 193.
Purpurfärber, Gerätſchaften eines —s. 192
Purpurfärberei 180, 190.
Purpurine 192.
Purpurſchnecke 190, 191.
Purpurſtoffe, Koſtbarkeit der —. 170, 191.
Purpurſtreifen 190.
Purpurtoga 190.
Puteoli 405.
puteus 323.
Puzzolanerde 405, 409.
Puzzolanmörtel 405, 409, 513.
Pylos 161.
Pylonen 351.
Pyramide am Felsberg 402.
— aus Ziegeln des Königs Aſychis 138.
Pyramiden 343.
Pyramidenbau 210.
Pyramidenmeter 346.
Pyramidenziegel von Daſchur 140.
πυραμίδες 100.
Pyramidion 351.
Pyrite 16.
Pyroſulfit 121.
Pytheas von Maſſilia 103.

Q

Quaderbau 387, 388.
Quadermauern in Mykenae 296, 387.
Quadern als Häuſerkanten 390.
quadratum incusum 46.
quadrifons 302.
quadriga 217.
Quarz, Kunſtmaſſen aus — und Kalk 405.
Quarzgeſchirr, ägyptiſches 141.
Queckſilber 29, 64, 198.
Quellgebiet der ſalomoniſchen Waſſerleitung 419.
Quellhaus der pergameniſchen Waſſerleitung 428.
Quetſchſteine an Ölpreſſen 115.
Quinarius 440.

R

Raa 485, 488, 489, 500.
Rad 206, 213, 215.
Radachſe 216.
Rädergeſtell des Pflugs 87.
Radfelge 213, 217.
Radnabe 216.
Radreifen 213, 215.
Raehlmann 201.
Rahmentrage 57.
Rameſſeum 289.
Rammſporn 497.
Ramſes II. 222, 289, 338, 458.
Ramſes III. 21.
Ramſes, Hofbäckerei von —. 101.
Randſteine 462.
— an Bürgerſteigen 312, 314.
rastrum 88.
Rathgen 19, 136, 156, 166, 405, 406, 407.
Rauchabzug der Saalburgheizung 266.
— Hohlziegel für —. 263.
Räuchern, Konſervieren durch —. 127.
— zur Leichenkonſervierung 131.
Rauhammer 68.
Rauhkarden 181.
Rauſchgetränke bei den Juden 106.
Ravenna, Grabmal des Theodorich 401.
Reber 96, 213, 231, 297, 387.
Rechabiten 106.
Rechmere 34.
rectis rostratus 87.
Reduzierventil 437.
Reffen der Segel 486, 501.
Reflexer zuſammengeſetzter Bogen 223.
refugium 285.
Regenwaſſerablauf an Straßen 308, 311, 314, 315.
Regimentsſchmied, römiſcher 54.
Reiben von Hölzern, Feueranmachen durch —. 237.
Reibſchüſſel mit Quarzſplittern 93.
Reibſtein, ägyptiſcher 92, 98.
Reibung, Überwindung der —. 213.
Reims, römiſche Straße 463.
Reinhaltung von Trinkwaſſer 424.
Reinigung der Gewebe 178.
Reinigungsmittel, Seife als —. 119.
— zur Körperreinigung 118.
Reiſch 358.
Rekonſtruktion des Leuchtturms von Alexandria 250.
— eines römiſchen Theaters 362.
Rennbetrieb 27.
Rennfeuer aus Kordofan 27.
Rennfeueranlagen, römiſche 26.
Renngruben 25.
Rennherd, kataloniſcher 27.
— korſikaniſcher 27.
Rennherde 25.
Renntopf 25.
reticulatum 390, 391.
Reutter 123, 131.
Rheinbrücke bei Cöln 281.
— bei Mainz 478.
— von Cäſar 471.
Rhodos 324.
Rhoikos 58.
Rhouſopoulos 13, 18, 21, 40, 49, 110, 122, 161, 164, 167, 195.
Rich 76.
Richtſcheit 397.
Richtſchnur 491.
Riegelverſchluß an ägyptiſchen Türen 318.
Rieſelfelder 447.
Rieſenbauſtein, verſetzter 399.

Digitized by Google

Rieſenſäule am Felsberg 403.
Rieſenſchleuder 225.
Rieſenſtatue des Herkules 35.
Ringelmann 93.
Ringlampe, römiſche 243.
Ringwälle 285.
Rinnſtein 313, 314.
Rio Tinto u. Tharſis, Kupferminen von —. 5.
Rizinusöl als Leuchtöl 246.
Rocken, ägyptiſcher 173.
Rödelheim, Pfahlweg bei —. 461, 462.
Roggen zur Brotbereitung 97.
Roheiſen 26.
Rohland 133.
Rohluppe, überſchmiedete 29.
Rohre der pergameniſchen Waſſerleitung 428.
Röhrenbohrer 431.
Röhrenförmige Roſtſtäbe 258, 259.
Rohrleitungen bei Entwäſſerungsanlagen 453.
Rohrſtuhl, geflochtener 187.
Rojepforten 498.
Rolle 206, 212.
Rom, Caracallathermen 376, 377.
— Enge der Straßen 282, 283, 310.
— Höhe der Häuſer 282, 283, 325.
— Stadtanlage 282.
— Thermen des Agrippa 375, 378.
— Titusthermen 374.
Römer, Aſphalt als Mörtel 406.
— Axtfutteral 72.
— Befeſtigungsanlagen 299.
— Beilmeſſer 72.
— Betonbauten 405, 435.
— Blaſebälge 51.
— Bleiofen 22.
— Bohrer 76.
— Brennöfen 150, 151.
— Brücken 474.
— Diatretgefäße 165.
— Doppelaxt 72.
— Emailarbeiten 66.
— Farben 196.
— Feſtungstore 301, 302.
— Feuerlöſchdienſt 233.
— Filigranarbeiten 64.
— Flaſchenzug 212.
— Freskotechnik 201.
— Fußböden 325.
— Geſchütze 224.
— Gewänder 184, 185.
— Gewölbebau 394.
— Glastechnik der —. 161.
— Goldſchläger 35.
— Goldſchmiedearbeiten 42.
— Grenzwall gegen Germanien 286, 302, 306.
— Hafenbauten 511.
— Handmühle 95.
— Haus 321.
Römer, Hobel 76.
— Hohlguß 62.
— Holzarbeiten 78.
— Hügelſtädte 278.
— Kanaliſationsanlagen 448.
— Keramik 147, 405.
— Kronleuchter 243.
— landwirtſchaftliche Geräte 89.
— Meilenſteine 467, 468.
— Mörtel 407.
— Mühlen 95, 96.
— Mühlen mit Göpelwerk 221.
— Münzen 45.
— Niello 63.
— Pfahlgräben 305, 306.
— Quellſtube der Jeruſalemer Leitung 419.
— Reibſchüſſel 93.
— Rennfeueranlagen 26.
— Rundtempel 355.
— Säge mit geſchränkter Zahnung 76.
— Sägen 76, 77.
— Sandalen 82, 83.
— Schiffe 490, 500, 501.
— Schiffsbau 492.
— Schiffsform 493.
— Schlöſſer 338, 340.
— Schlüſſel 340, 341.
— Schlüſſelloch 341.
— Schmiedewerkzeug 51, 55.
— Schuhmacherwerkzeuge 83.
— Segelſchiff 496.
— Sicherheitslampen 242.
— Sohlen 82.
— Spindel 173.
— Städtebau 278.
— Stadtgründungen, Gebräuche 279.
— Stadtmauer zu Trier 303.
— Steinbearbeitungstechnik 402.
— Straßen 459.
— Tempel 352.
— Theater 359.
— Tonlampen mit zwei und mehr Öffnungen 241, 242, 243.
— Töpferwerkſtatt 151.
— Treibarbeit aus Goldblech 39.
— Vorlegeſchloß 342.
— Wage 209.
— Wagen 217.
— — Abſtand der Radkränze 312.
— Waſſermühle 97.
— Waſſerverſorgung 430.
— Weberſchiff 177.
— Wehrgang aus Flechtwerk 307.
— Zellenemail 67.
— Ziegel 135, 405.
— Ziegelboden 391.
— Ziegelſtempel 135, 136, 405.
— Zierleder 83.
Roraf 179.
Roſendahl 97.
Roſetten, goldene 41, 49.

Digitized by Google

Roſt, Backen auf —. 100.
— germaniſcher Ofen mit —. 259.
— griechiſcher Ofen mit —. 258, 259.
Roſtartiger Webekamm 178.
Röſten der Brote zur Bierbereitung 103.
— des Flachſes 172.
— des Korns 90, 92, 102, 105.
Röſtprozeß 22.
rostrum 497.
Roſtſchutzmittel 23.
Roſtſtäbe mit Waſſerkühlung 258, 259.
Röſtung 16.
Roßhaare zur Herſtellung des Nervenbündels 225.
Rote Schminken, Herſtellung von —. 121, 122, 193.
Roters 162.
Rotfärberei 193.
Rotfärben der Haare mit Seife 119.
Rotfigurige griechiſche Vaſe 145.
Rottweil 243.
rubia 193.
Rüböl als Leuchtöl 246.
Ruder 206, 491, 497.
Ruderbefeſtigung 489.
Rudern 484, 494, 498.
Ruderſchiffe, ägyptiſche 487, 488, 489.
Rundſchiff 483.
Rundtempel, römiſcher 355.
Runk 104.
Ruſſel 120.
Rußfabrikation 198.
Ruwertal, Sägemühlen im —. 402.

S

Saalburg 52, 55, 247, 261, 264, 265, 266, 268, 269, 285, 304, 338, 389, 390, 392.
— Brunnen 430.
— Grundriß 304.
— Heizungen auf der —. 263, 265, 266, 268, 269.
— Lageplan 304.
— Pfahlgraben 305.
— Kanaliſation 450.
— porta decumana 305.
— — sinistra 305.
— Spitzgräben 305, 306.
— Straße nach der —. 466.
— Wehrgang 305.
Saat, Eintreten der — durch Schweine 88.
Sachs, R. 193.
Safflor 193.
Safran 193.
Säge 71, 74, 76, 77, 401, 402, 403.
— ägyptiſche 74.
Sägeblatt, gekrümmtes 402.
Sägemühlen im Ruwertal 402.
Sägen aus Chalcedon 71.
— aus Silex 71.
— mit geſchränkter Zahnung 72, 76.
Sägeſchnitte in Granitſtein 403.
Sahurêgrab, Mörtel vom —. 407, 444.
— Regenwaſſerableitung 443.
Saida, Purpurfärberei zu —. 193.
Sakieh 423, 424.
Sakkara 34, 42, 92, 142, 160.
Salbenbereitung 117, 119.
Salbenlöffel, ägyptiſcher 120.
Salböle, wohlriechende 1, 13, 17.
Salkowsky 120.
Salmanaſſar III. 48, 484.
Salomo 13, 308, 352, 417.
Salomoniſche Teiche 417.
— Waſſerleitung 418, 419.
Salomoniſcher Tempel 350.
— — Blitzſchutz am —. 352.
— — Dach 385.
Salz als Gerbmittel 79.
— zur Nahrungsmittelkonſervierung 127.
— zur Ölkonſervierung 117.
Salzſeen, ägyptiſche 130.
Salzzuſatz, zum Leuchten 246.
Sämiſch-Gerberei 79.
Samiſche Erde 55.
— Ware 148.
Samos, Tor von —. 298.
— Walkererde von —. 181.
— Waſſerleitung 397, 425.
Samothrake, Nike 513.
— Tor von —. 298.
Sand, Einſtreuen von — beim Steinſägen 402.
— zum Gießen 56.
Sandalen 82, 83.
sapa 109.
sapindus emarginata 179.
σαργάνη 503.
Sargon, Vaſe des Königs —. 161.
Sargonpalaſt, Tor des —. 294.
Sauerteig 98, 99.
Saugbrunnen 415.
Saugheber 228.
Saugrohr 228, 229.
Saugſchlunde 452.
Säulen des Herkules 507.
Säulenhof des griechiſchen Hauſes 320.
— des römiſchen Hauſes 323.
Säulenſtraßen 308, 309.
Säulentrommeln, Verbindung der —. 389, 404.
Sayce 292.
scarificatio 88.
scapi cardinalis 338.
Schaafhauſen 55.
Schabebock 79.
Schabeiſen zur Lederbearbeitung 80.
Schacht, Windofen —. 29.
Schächte 4, 13.
Schachtöfen 16, 28.
Schaduff 207, 208, 214.
Schafra 343.

Digitized by Google

Schafwolle 171.
Schallgefäße in Theatern 361.
Schallwirkung der Schauspielermasken 361.
Schar 86, 87.
Scharlach zur Lederfärbung 83.
Scharlachbeere 193.
Schattenstab 508.
Schatzhaus des Atreus 393.
— zu Gela, Gesims und First 386.
Schaufeln zum Worfeln des Getreides 90.
Schauspielermasken 361.
Schech 171.
Scheil 49.
Schelenz 469.
Schenkel, Spinnen auf — . 174, 175.
Schere 184.
Scheren der Tuche 183.
— der Wolle 172.
Schid 442.
Schiefe Ebene 207, 210.
Schiffahrt 507.
— Feuerwarten für die —. 248.
Schiffbau 482.
Schiffe 482.
— Teeren der —. 252, 494.
Schiffsbeschlag 491.
Schiffsbrücken 470.
Schiffsdeck 495.
Schiffsgeschwindigkeit, Einrichtung zum Messen der —. 510.
Schiffslot 21, 508, 509.
Schiffsmühle 97.
Schiffsplanken 494.
Schiffsschuppen 490.
Schiffstaklage 213.
Schiffswerft 491.
Schiffszimmermann 491.
Schiling 125.
Schindeldächer zu Rom 282.
Schirmanker 503.
Schlacken 15, 16, 22, 26, 28.
Schlackenwall bei Plauen 287.
Schlägel 6, 397, 487.
Schlagen der Stoffe 179, 181.
Schlämmen 12.
Schlangenfadenverzierung, Gläser mit —. 165.
Schläuche aus Ochsendärmen 232.
— lederne 108.
Schlegel 75.
Schleiergewebe in Ägypten 178.
Schleifbahn für Schiffe 508.
Schleifen 211.
Schleifrad 43.
Schleifstein 54, 55, 210.
Schlettstadt, Frankenburg bei —. 287.
Schleuder 206.
Schleuderarm, Spannen des — s. 225.
Schleuderblei 21.
Schleudereichel 21.
Schlieben 55.
Schliemann 42, 48, 58, 71, 94, 144, 174, 239, 290, 291, 340.
Schlittenkufen 213, 214, 215, 216.
Schlösser 338.
— an ägyptischen Türen 318.
Schlüssel 338.
— aus Ilios 340.
— Schlösser mit — an ägyptischen Türen 318.
Schlüsselloch, römisches 341.
Schmelzen von Metall mit Hilfe eines Blasrohrs 34.
Schmelzflüsse 67, 68.
Schmelzöfen 12, 16.
Schmelzpunkt 68.
Schmelzpunkte von alten Bronzen 18.
Schmidt, W. A. 128, 129, 131.
Schmidt, Wilh. 208, 245.
Schmiede 52, 53, 54, 491.
Schmiedeeisen 23, 25.
Schmieden 49, 50.
— Geräte zum —. 50.
Schmiederechnung aus dem 30. Jahrh. v. Chr. 49.
Schmiedestücke, römische 55.
Schmiedewerkstatt, griechische 52.
Schminke, rote 193.
— weiße 196.
Schminken 2, 119, 120, 121, 122, 123.
Schminkenfabrikation 119, 120, 121, 122.
Schminkgefäße, ägyptische 120, 121.
Schminklöffel 120.
Schmirgel 54.
Schmuck der Landstraßen 459, 467.
Schnecke 211, 212, 219.
Schneckenbohrer 75.
Schnee, Pressen des —s. 125.
Schneekeller 125.
Schneider 225.
Schnellwage 206, 209.
Scholle, Wenden der —. 87.
Schöne 397.
Schönheitspflästerchen 123.
Schöpfbecken 415, 416.
Schöpfrad, Unterschlächtiges Wasserrad als —. 232.
Schöpfwerk 207, 208, 424.
Schornstein 255, 264.
— Backofen mit —. 101, 102.
Schoten 500, 501.
Schottland, Glasburgen in —. 287.
Schoy 346.
Schrader 319.
Schramm 225, 226, 227.
Schraube 211.
— ohne Ende 211, 219.
Schrotsäge 76.
Schuchardt 499.
Schuhleisten 81, 82.
Schuhmacherwerkstatt, ägyptische 81.
— griechische 81.

Digitized by Google

Schuhmacherwerkzeuge 81, 82.
Schusterahle 81, 82.
Schusterkugel 167.
Schustermesser 81, 82.
Schuttabladeplätze 315.
Schutz der Gemälde 202.
Schutzauge an Schiffen 487.
Schutzhütten in römischen Pfahlgräben 306.
Schutzvorrichtungen an Handwerkszeug 72.
Schutzzelte für Ladenauslagen 313.
Schwalbenschwanzdübel, Steinmauern mit — an Befestigungen 287.
Schwarz, v. 23, 26.
Schwarze griechische Glasur 145.
Schwarzfärberei 194.
Schwarzfärbung von Leder 83.
Schwefelantimon 122.
Schwefelarsen 64, 197.
Schwefelblei 120.
Schwefelimprägnierung der Kerzendochte 246.
Schwefeln der Stoffe 181, 182.
Schwefelquecksilber 197.
Schweißarbeiten aus dem Jahre 1490 v. Chr. 48.
Schweißen 48.
Schwert des Tiberius 38.
Schwimmschlauch 482.
Schwingeimer, Schöpfwerk mit — . 207.
Schwitzbad 369.
Scipio 227.
scirpus 246.
Sech 87.
Seekarten 509.
Seereisen 484.
Seezeichen 508.
Segelbaum 485.
Segelducht 500.
Segeleinrichtung 485, 488, 496, 499.
Segelformen 489.
Segelmacher 491.
Segelschiffe, Ägyptische 488.
Seide 169.
— Kostbarkeit der —. 170, 171.
Seidenfaden, Abhaspeln vom Kokon 169, 170.
— Entschälen des —s. 170.
Seidenkultur in China 169.
Seidenraupe, Zucht der —. 169.
Seife 118, 119, 182.
- als Reinigungsmittel 119.
- gallische 118, 119.
- germanische 119.
- zum Haarfärben 119.
Seifenbaum 179.
Seifenkraut 179.
Seifenwurzel 179.
Seile aus Flachs 470, 471.
Seiler 188, 491.
Seilerei 185, 186, 187.
Seilerlehre 187.
Selbsttätige Dochtverschiebung an Lampen 245.
— Ölauffüllung an Lampen 245.
Seleukia, Säulenstraße 308.
Semiramis 48.
Senchilsteine 502.
Sendschirli, Wasserleitung mit Tonrohren 416.
Seneca 125, 167, 325, 327.
Senkkasten 512.
— bei Brückenbauten 478.
Sennacherib 416.
Sense 89.
Septimer, römische Straße 464.
Septimus Severus 119.
Serenus Sammonicus 119.
Sergius Orata 262.
Serraten 45.
Servius 171.
Sesam zur Brotbereitung 97.
Sesostris 159.
Setzwage 397, 398.
Shaperapit 30.
Shin-nong 169.
Sichel 89.
Sichelwagen, persischer 216.
Sicherheitslampen, römische 242, 246.
Sicherheitsvorkehrungen 7.
Sickergräben 464, 466.
σίδηρος 22.
Sidon 484.
— Hafen 509.
Sieb zum Worfeln 90.
Siebbleche bei Ausgüssen 40.
Siedelungen, offene 285.
Silber 11, 13.
— Färben des —s. 64.
— Prüfung der Reinheit des —s. 15.
Silberfund, Hildesheimer 48, 49, 63.
Silberbergwerke, attische 14.
— in Thrazien, Gold- und —. 4.
Silberhirse 15.
Silbermünzen 19.
Silex 71.
Siloahkanal 421, 422.
Si-lung-schi 169.
Sinai 16.
Sinaihalbinsel, Kupferbergwerke auf der —. 4.
Sinopische Erde 196.
Sitzanordnung für Trieren 503.
skene 358.
σκωρία 15.
Skythische Festungen 289.
Smith, Elliot 129, 130, 346.
Sod 494.
Soda 100, 127, 156, 179, 180.
— als Reinigungsmittel 118.
Sohlen, genagelte 81, 82.
— Schneiden von —. 81.
Sohlleder, Klopfen von —. 81.

Digitized by Google

solarium 332.
Soldatenstiefel 82.
Solon 424.
Solunt, Anlage von — mit Parallelstraßen 275.
Sophokles 103.
Spalato, Stadtanlage 278.
Spanien, Bleibergwerke in —. 21.
Spannen der Geschütze durch verdrehtes Seil 224.
— des Nervenbündels 225.
— des reflexen Bogens 223.
Spaten 72, 85.
spatha 177.
σπάθη 177.
Spaziermauer in der Villa des Hadrian bei Tivoli 331, 332.
Spedhart 229, 230.
Speichenrad 213.
Speigatten 497.
Spelt, 91, 97, 102, 105.
Spelt zur Bierbereitung 102, 105.
Sperrung von Straßen für Wagen 311, 312.
Sphinxe 348.
spicatum 391.
Spiegel aus Bronze 61, 63.
— gläserne — der Römer 166.
— mit Glaseinlage, ägyptischer 159.
— Verkleinerungs—. 166.
Spielraum der Theater 357.
Spindel 174.
— ägyptische — mit Wirtel 173.
— römische — mit Wirtel 173.
Spinnen 173, 174.
— auf Schenkel 174, 175.
Spitzbogengewölbe in Tyrins 295.
Spitzbogentore 297, 298.
Spitzgräben, römische 305, 306.
Spitzkeil 6, 12.
splenia 123.
σποδός 15.
σπονδεῖον 209.
Sporn 497.
Sprengarbeit 468.
Sprenggläser in Steinen 401, 403.
Sprengen der Steine 400.
— mit Feuer und Essig 7, 468.
— von Straßen 469.
Spreu, Trennen der Getreidekörner von der —. 90.
Stabiae, Ölkelterei in —. 117.
Stabianerthermen zu Pompeji 369, 370, 371.
— Warmwasserbereitung in den —. 260.
Stadienfahrer 509.
Stadion 278, 506.
Stadtanlagen, hygienische Grundsätze bei —. 283, 315.
— Strategische Gesichtspunkte bei —. 283.
Städte, Anlage der —. 272, 278, 282.
Städtebau 272.
Städtebau, römischer 278.
Stadtgründungen, Gebräuche bei römischen —. 279.
Städtische Straßen und Plätze 308.
Stadtmauer von Athen 296.
— von Pompeji 300, 301.
— von Trier 303.
Stadtmodell von Cöln 281.
Stadtplan, ältester 272.
— auf einer Gudeastatue 272, 288.
— von Babylon 273.
— von Piraeus 275.
— von Priene, Teil des —. 276.
— von Rom 283.
— von Timgad 279.
— von Trier 280.
Stadtpläne, Aufbewahrung aller — zu Rom 282.
— öffentliche Aufstellung der —. 282.
Stadttor von Nippur 137, 288.
Stadtwall, Anlage des römischen —. 279.
stagnum 17.
Stahl 25, 54.
— Anlassen von —. 54.
Stahlsand, Sägen mit —. 402.
Stahlspitzen, Anschweißen von — an Eisenwerkzeuge 54.
Stangenschminken 119.
stannum 17.
Stanzen 42.
— durch — hergestellte Verzierungen 43.
Statius 462.
Stauweiher 97.
Stechheber 228.
Stechschloß, römisches 341.
Stein, Treibformen aus —. 39.
Steinauskleidung, Herde mit —. 253, 254.
Steinäxte 71.
Steinbau 387.
Steinbearbeitung 400.
— ägyptische 401, 404.
Steinbruch zu Baalbek 401.
Steine zum Polieren des Holzes 75.
Steineiche 87, 491.
Steinerne Brunnenschächte in Ägypten 423.
— Wasserleitungsröhren 419.
Steinformen, vorgeschichtliche — zum Gießen 58.
Steinherde 252, 254.
Steinkohle 28, 251.
Steinlampen, mykenische 240.
Steinmauerwerk mit Ziegelbändern 392.
Steinpflaster 307, 457, 464.
Steinsägen 401.
Steinwälle 286, 287.
Steinwerkzeuge zur Holzbearbeitung 71.
σπῆλαι προβλῆτες 290.
Stemmeisen 75.
Stempel, römische Ziegel mit —. 135.
Stempelmetall 44.
Stempelschneider 45.

Digitized by Google

Stern 396.
Sterz 87.
Steuereinrichtung an Schiffen 484.
Steuerruder 484, 485, 498.
Steven 492.
Stevenknie 492.
Stevenkopf 492.
Stichsägen 71, 74, 76.
Stiden 175, 178.
Stidrahmen 178.
Stiefel 82.
Stiftzelt, Behänge des —s. 169.
stipa tenacissima 186.
stiva 87.
Stockholmer Papyrus, Neuer —. 167, 193.
Stoffe, Walken der —. 180.
Stollen 7.
στόλος 492.
Stoßbalken 492, 497.
Stoßmühle 92.
Strabo 13, 14, 20, 22, 102, 113, 171, 173, 249, 283, 423, 452, 506, 508.
Straß 167.
Straßen 457.
— Enge der — zu Rom 282, 283.
— für Fuhrverkehr gesperrte —. 311, 312.
— in Pompeji 310.
— mit Geleisen 458.
— und Plätze, städtische —. 308.
Straßenbaumeister 459.
Straßenbautechnik 308, 457.
Straßenbeleuchtung 248.
Straßenbreite der Römerstraße 466.
Straßendecke, Wölbung der —. 308.
Straßenecken mit Prellsteinen 313.
Strategische Gesichtspunkte bei Stadtanlagen 283.
Streichbrett 87, 89.
Streichen der Ziegel 139.
Streitwagen 217.
Striden 175.
Strohbeimengung bei ägyptischen Ziegeln 139.
στρόφιγγες 338.
Struthion 179.
Strymon, Brücke 470.
Stübe 103.
Studauflage 34.
Studbewurf der römischen Fresken 201.
Stufenturm von Chorsabad 350.
Stufentürme 350.
Stuhlschlitten 90.
Sturzblock an Toren 296, 297, 298.
— Teilung des —s. 297.
Stützmauern von Pergamon 278.
Stützstangen 71.
sucus 117.
sudatorium 368.
Sueton 315.
Susa 49, 57, 138.
— Krieger von —. 138.
sussineum 119.
Sykomore 73.
syphonarii 233.
syphones 233.
Syrische Festungen 289.

T

tablinum 322.
Tacitus 45, 89, 105, 171, 172, 310, 461, 499.
Tafelmalerei 201.
Tagebau 4.
taht 21.
Takelage von Schiffen 213.
Talent 486.
Tanagra, Bäder aus —. 100.
Tanagrafiguren 146, 147, 184.
Tannenholz für Türen 337.
Talg als Lampenfüllung 246.
Talgkerzen 246, 247.
Taprobane 486.
Tarquinii, Stadtanlage 278.
Tarquinius Priscus 448.
Tasterzirkel 397.
tat 113.
Tauschierungsarbeit 67, 68.
Tauwerk an Schiffen 488, 489, 500.
Taxameter nach Vitruv 219.
Taxametereinrichtung nach Heron 219.
taxus 221.
Tebessa, Säulenstraße 308.
Technik der altägyptischen Goldgewinnung 12.
— des Pflügens 87.
— des römischen Städtebaus 278.
— Einfluß auf das Staatswesen 3.
Techniker, Stellung 2.
Technische Mechanik 206.
Teer als Bindemittel für Preßkohlen 251.
Teerdestillation 252.
Teeren der Schiffe 252, 494.
tegula hamata 264.
tegula mammata 263, 264.
tegulae 333.
Teig, Ansetzen des —s. 91.
— Gären des —s. 91, 98, 99, 100.
— Kneten des —s. 98, 99.
Teilung des Sturzblocks 298.
Tektorium 201, 202.
Tell-el-Amarna, Glaswerkstätte von —. 157, 158.
Tempel von Edfu, Blitzschutzvorrichtungen 351.
Tempelbauten 350.
Tempeldach 385.
Tempelformen, Grundrisse 353.
Tempeltür, Guß einer bronzenen —. 56, 57.
Temperamalerei 201, 202.
Temperatur babylonischer Tonöfen 136, 137, 138.
tepidarium 368.

Digitized by Google

Tepidarium der kleinen Thermen zu Pompeji 374.
— Heizung des — der Forumsthermen zu Pompeji 255.
Terebinthenharz als Weinzusatz 109.
terra nigra 153.
terra sigillata 148.
Terrassen von Pergamon 278.
Terrassierungen bei griechischen Stadtanlagen 278.
Tessarakontere 506.
Tetradrachme 45.
tetrapyla 302.
Tetrastyles Atrium 333, 335.
Tetreren 503.
Textilrohstoffe, Gewinnung der —. 171.
Textiltechnik 169.
Thalamiten 503, 504, 506.
Thalos von Kreta 145.
Tharsis, Kupferminen von Rio Tinto und —. 5.
Thearion 98.
Theater 356.
— in Pergamon 356.
theatron 357.
Theatermaschinerie 356, 366, 368.
Theaterversenkungen 210, 213.
Theatervorhang 360.
Theben 48, 80, 92, 101, 107, 186, 222.
— Wandgemälde 289.
Themistokles 14, 296.
Theobald 34, 198.
Theodolith 397.
Theodorich, Grabmal des —. 401.
Theodoros 58.
Theophrast 28, 73, 79, 103, 113, 171, 194, 196, 197, 251, 491.
Theorie des Hebels 207.
Thera 113.
Thermen 368.
— des Agrippa in Rom 275, 378.
— des Caracalla 376, 377.
— des Diokletian 392.
Thermos, Tempel von — in Ätolien 384.
θησαυρός 209.
Thiersch 319.
Thomson 19.
Thorikos, Tor von —. 298.
Thraniten 503, 504, 506.
Thrazien, Gold- und Silberbergwerke in —. 4.
— Kwaß in —. 103.
θυμέλλις 246.
Thubalkain 18.
Thukydides 239, 296.
thymele 357, 358, 359.
Tiberinsel mit den beiden Brücken 477.
Tiberius 468.
— Palast des — auf Capri 440.
— das Schwert des —. 38.
Tiefherd, vorgeschichtlicher 24.
Tiere, Einbalsamierung von —n. 129.
Tierhäute, Blasebälge aus —n. 51.
Tiersehnen zur Herstellung des Nervenbündels 225.
tigilli 333.
tigni colligarium 333.
Tigrisbrücke 474.
Timgad, Abort mit Wasserspülung 444.
— Säulenstraße 308.
— Stadtanlage 278, 279.
— Stadtplan 279.
Tiryns 283, 295.
— Bad der Königsburg 445, 446.
— Befestigung von —. 295, 387.
— Fachwerkbau 384.
— Fackelhalter aus —. 239.
— Kalksteinbauten in —. 400.
— Palast von —. 319.
Tischherde zur Warmhaltung der Speisen 257.
Tischler 73, 76, 77.
— Eroten als —. 76.
Tischlerarbeiten 77.
Titus 21.
Titusthermen 374.
Tivolo, Tempel der Sibylle 355.
— Villa des Hadrian bei —. 330, 391.
Toilettenkasten, ägyptischer 122.
Ton, Brennöfen für —. 134, 145, 149, 150, 151.
— Plastizität des —. 133.
— Schlämmen des —s. 134.
Tonerde 48.
Tongefäße, Analysen babylonischer —. 138.
— Brennen der —. 133, 134, 145, 149, 150, 151.
— mit Glasuren 134, 145.
— Porosität griechischer —. 144.
— trojanische 144.
Toninduſtrie in Ägypten 134, 138.
— in Griechenland 144.
Tonkern, Formen von Glasgefäßen über einem —. 159.
Tonkuchen in den trojanischen Mauern 293.
Tonlampen mit zwei und mehr Öffnungen 241.
Tonnengewölbe 394.
Tonofen von Nippur 137.
Tonplastiken, babylonische 137.
Tonplatten am Tempel von Thermos 384.
Tonrelief, Modellschüssel mit —. 136.
Tonröhren für Drainageanlagen 448.
— für Wasserleitungen 416, 421, 426, 437, 438.
Tonwarenfabriken 136.
Töpfer 134, 145.
Töpfergeschirr in Ägypten 140.
Töpferöfen, Konstruktion römischer —. 150, 151, 152.
Töpferscheibe 133, 134, 144, 145, 152, 206, 241.

Digitized by Google

Töpferwerkstätte, römische 151.
Tore, Ausgestaltung der römischen —. 301.
Tor des Sargonpalasts 294.
— von Abae 298.
— von Amphissa 298.
— von Delos 298.
— von Ephesus 297.
— von Ištar 138.
— von Messene 297.
— von Misolunghi 298.
— von Phigalia 298.
— von Samos 298.
— von Samothrake 298.
— von Thorikos 298.
Torburgen, römische — 302, 303, 304.
Tore 294, 296, 297, 298, 301, 302.
Toreutik 38.
Torf 251.
Torfbereitung der Germanen 251.
Torflankierung durch Türme 287, 294.
tormenta 224.
Totenbeigaben, ägyptische 92.
Totenschiff, ägyptisches 487.
τόξον 221.
trabeculae 333.
trabes 333.
Trachit, Handmühlen aus —. 92.
Tragbare Öfen 258.
Trajan 43. 233.
— Donaubrücke 477.
— Straße des — am Eisernen Tor 468.
Trajanshafen zu Ostia 512, 513.
Transport großer Lasten 214, 221, 401.
trapetum 114, 115.
trapetus 114.
Trassenführung auf Landstraßen 459.
Traß als Mörtel 409.
Traufloses Atrium 333, 335.
Treffpunkt des Siloahtunnels 422.
— des Tunnels von Samos 426.
Treibarbeit 33, 38.
— aus Goldblech 39.
— Hammer für —. 40.
— in Bronze 37.
Treibarbeiten von Papierdicke 30.
Treiben aus freier Hand 40.
— großer Gefäße 38.
— von Schmucksachen 36, 39.
Treibformt, altägyptische 39.
Treideln von Schiffen 484, 486.
Trennung der Körner von der Spreu 90.
Treptow 9.
Trester, Auspressen der —. 107.
Tresterwein 108.
Tretrad 220, 231.
Tretvorrichtung, Schöpfwerk mit —. 208.
tribulum 90.
Trier 261.
— Amphitheater 364, 365, 366.
— Arena 303.
Trier, Fußböden 325.
— Kaiserpalast 394, 395.
— Kanalleitung der Wasserleitung 435.
— Moselbrücke 479.
— Porta nigra 302.
— Stadtanlage 278, 280, 282.
— Stadtmauer 303.
— Stadtplan 280.
Triere 495, 503, 504, 505.
Trierenfrage 503.
triga 217.
τρίμυξοι 243.
Trinkwasser, Gesetze zur Reinhaltung des —s. 424.
trispastos 213.
Trittsteine für Fußgänger im Fahrdamm 313.
Trockenlegung durch Hypokausten 262.
— von Sumpfgelände 451.
Trocknen des Getreides 92.
Trockenmauern bei Befestigungsanlagen 286.
Tröge zum Teigkneten 98.
Troja 71, 92, 94, 144.
— Befestigungen von —. 290, 291, 292, 293.
— griechische Befestigungen vor —. 287, 290.
Trojanischer Wachtturm 294.
trona 130, 131.
τρύπις 492.
trusare 92.
Tschirsch 131.
tubuli 263, 264.
Tubuli-Pfeiler 264.
Tuche, Herstellung der —. 180.
Tuchfetzen, Verwertung der —. 185.
Tuchpresse 183, 212.
Tuchwalkerei 181, 182.
Tülle eines griechischen Leuchters 247.
Tüllenleuchter 247.
Tünchgemälde, ägyptische 199, 200.
Tunnel der Salomonischen Wasserleitung 419.
— der Wasserleitung von Samos 397, 426.
Tunnelbau 397, 419, 421, 426, 435.
Tunnelbauten für römische Wasserleitungen 435.
Tunnelbohrungen 397, 419, 421, 426.
Turbine 234.
Türen 337.
— ägyptische 56, 318.
Turgor 91.
Turin, Stadtanlage 278.
Türkisblaue ägyptische Glasuren 142.
Turm in der pompejanischen Mauer 301, 302.
Türme 287, 294, 299, 301.
Turra 4.
Türriegel 337, 338.
Türschuh aus Bronze 118, 338.
Türzapfen 57, 295, 318, 338.
Tuskisches Atrium 333, 334.

Digitized by Google

Tutmes III. 16, 21, 24, 27, 157, 349.
Tyrus 484.
— Hafen 511.

U

Überdecktes Atrium 333, 335.
Übereinandergestellte Bogen 395.
Überfanggläser 165.
Überlauf an Wasserleitungen 437.
Überschmiedete Rohluppe 29.
Übersetzung nach Heron 212.
Überwindung der Reibung 213.
Ule 344.
Ulme 73, 87.
Ultramarin 198.
umbones 462.
Umlegbarer Mast 487, 488, 496.
Ummauerung am Amphitheater Verona 366, 367.
Umschlägige Feldwirtschaft 88.
Undurchlässigkeit glasierter Tongefäße 144.
Unechter Purpur 193.
Ungesäuertes Brot 97, 98.
Unsolide Bauweise der römischen Häuser 327.
Unterglasurmalerei griechischer Vasen 145.
Unterkellertes römisches Haus 336.
Unterkellerungen im Amphitheater Trier 366.
— im Kolosseum 364.
Unterirdische Kanäle zur Wasserzuführung 419.
Unterschlächtiges Wasserrad 96, 231.
Unveränderlichkeit der Purpurfarbe 192.
Unverbrennliche Dochte 246.
Unzerbrechliches Glas 166.
Urbanitzky 352.
Urin zum Härten 49.
— zum Reinigen 118, 179, 180.
Ursprung des Glases 159.
Usertesen III. 289.
Usia 224.

V

vaccinium 193.
Varro 88, 89, 95.
Vase des Königs Sargon 160.
Vase mit Fackelträgerin 239.
Vasenmalerei, griechische 144.
Decetius 430.
Velinussee, Tieferlegung 452.
vena 192.
Ventilationsschacht der Saalburgheizung 266.
Ventilklappen 232.
Verarbeiten der Stoffe 183.
Verbindungsstellen der Gußstücke 59.
Verblendung von Ziegelmauerwerk 390.
Verdollungen der Säulentrommeln 389.
Verdrehtes Seil zum Geschützspannen 224.
Verdunstung, Kälteerzeugung durch —. 126.
Veredelung des Weinstocks 108.
Verfälschung der Malfarben 196, 197, 198.
Verfälschung von Safran 194.
Verfilzen der Stoffe 180.
Vergiftungen durch bleihaltigen Wein 109, 110.
Vergleichstabelle zwischen römischer und neuzeitlicher Goldschlägertechnik 36.
Vergolden 64.
— griechischer Vasen 145.
Verhältniszahlen, Konstruktionsverfahren mit —. 228.
vericulum 202.
Verkehrsstraßen 457.
Verkitten der Weinfässer 109.
Verklammerungen an Mauern 388.
Verklammerung von opus incertum 391.
— von Drainageröhren 448.
Verkleinerungsspiegel der Römer 165.
Verlorener Form, Guß mit —. 61.
Vermessung der Städte 282.
Verneuil 146.
Verona, Amphitheater 365, 366, 367.
Verputz von opus incertum 390.
Verschluß der Türen 338.
— luftdichter — für Wein 108.
— mit Dichtung für Biergefäße 106.
Versetzung 118.
Versenkungen in Theatern 210, 213.
Versetzter Riesenbaustein zu Baalbek 400.
Versicherungssystem 447.
Versilbern 64.
— griechischer Vasen 145.
Verstählen 52.
Verstellbare Lampen 244.
Verteidigungstürme 294.
Verwendung der Öle 118.
Verwendungsarten des Bleis 21.
Verwertung der Tuchfetzen 185.
Verzierungen, durch Stanzen hergestellte —. 43.
Verzinnung 17, 65.
Verzuckerung des Getreides 106.
Vettier, Haus der — in Pompeji 68, 116, 326, 327.
via Appia 463, 474, 465, 466.
via decumana 279.
— Domitiana 462.
— principalis 279.
— sagularis 305.
Vielruderer 498.
Vielzügiger Flaschenzug 213.
Vierkantfeile 54.
Vierrädriger Wagen 216.
Villa des Hadrian bei Tivoli 330, 391.
Villefosse 93.
Villefranche 8.
Vintian, Lager von — —. 299.
Virgil 20, 52.
Visierinstrumente 396.

Digitized by Google

Visiervorrichtung an Geschützen 227.
Vitiges 97.
vitrum 194.
Vitruv 29, 65, 96, 97, 115, 196, 201, 206, 211, 212, 213, 219, 220, 221, 226, 227, 228, 231, 232, 233, 262, 284, 299, 300, 315, 325, 333, 335, 361, 369, 378, 379, 387, 390, 396, 402, 405, 406, 407, 424, 431, 438, 491, 510.
Vivianit 23.
Vlies des Aetes 13.
Vliese, Goldene 13.
Vogel, der sich dreht, des Heron 220.
Vollguß 56.
— um 1600 v. Chr. in Ägypten 56.
Volsinii 95.
Volterrae, Stadtanlage 278.
vomer 87.
Vordersteven 492.
Vorgarn 174.
Vorgeschichtliche Eisenschmelze 26.
— Steinformen zum Gießen 58.
Vorgeschichtlicher Tiefherd 24.
— Windherd 24.
Vorkragendes Mauerwerk an Toren 298.
Vorlegeschlösser 342.
Vorratsbehälter an Öllampen 245.
Vorspringen der Verteidigungstürme 294.
Vulci 59, 60.

W

Wachs zur Kerzenherstellung 246.
Wachsausschmelzverfahren 58, 60.
Wachskerzen 246, 247.
Wachsschicht 60.
Wachstrommel 61.
Wachsumhüllung von Leichen 131.
Wachsvergoldung 34.
Wachtturm am Limes, römischer 302, 303.
— trojanischer 294.
Waffen des Achilleus 50.
Wage, ägyptische 208.
— gleicharmige 206.
Wagen 213, 215, 216, 217.
— ägyptische 43, 44, 45.
— römische, Abstand der Radkränze 312.
Wagenbau bei den Ägyptern 217.
Wagenkasten 216.
Wagenrad 206, 213, 215.
Wagenspuren im Straßenpflaster 312, 313.
Wagenverkehr auf Landstraßen 459.
— für — gesperrte Straßen 311, 312.
Waiblingen, Töpferöfen von —. 152.
Waid 194.
Waldesel 225.
Waldrebe zum Feueranmachen 237.
Waldwirtschaft, Fehlen der —. 251.
Walken der Webstoffe 180.
Walker 179.
Walkererde 180, 181.
Wälle 285, 300.
Walze 206.
Wandbild in Mosaiktechnik, römisches 324.
Wandgemälde der Fullonica 180, 181, 182.
— im Rameſſeum 289.
Wandmalereien, ägyptische 199, 200.
— Farben der römischen — 323.
Wandstärke von Hohlguß 59.
Wanne des Bades von Tyrins 446.
Wannenanlage zu Priene 446, 447.
Wärmeableitung 126.
Wärmeausstrahlung 126.
Warmhalten der Speisen, Tischherde zum —. 257.
Warmwasserbereitung, Kessel zur — in den Stabianerthermen 260.
Warzenziegel 263, 264.
Wasserbauten aus Beton 405, 435, 514.
Wasserdichte Mörtel 405, 512.
Wasserdruck 231, 417.
— Theorie 417.
Wasserfarben 202.
Wasserhaltung 8, 211, 221.
Wasserhebewerk mit Zahnrad 219.
Wasserhebung mit Druckheber 231.
Wasserkühlung, röhrenförmige Roststäbe mit —. 258.
Wasserleitung des Sahurêgrabs 407, 443.
— mit Tonrohren 416, 421, 426, 428, 437.
— von Alexandria 423.
— von Köln 409.
— von Pergamon 427.
— von Samos 397, 425, 426.
— von Trier 435.
— zu Bavian 415.
Wasserleitungshahn vom Palaste des Tiberius 440.
Wasserleitungsröhren 17, 21.
— aus Blei 437, 438.
Wasserleitungsteile aus Beton 405, 435.
Wassermühlen 96, 97, 231.
Wasserorgel des Ktesibios 232, 233.
Wasserrad, mittelschlächtiges 97.
— oberschlächtiges 97, 232.
— unterschlächtiges 96, 97, 231, 232.
Wasserscharrlöcher 415.
Wasserschauspiele, Maschinenanlagen für —. 366, 367.
Wasserschloß an Brunnen 438.
— der salomonischen Leitung 417.
Wasserschnecke, Konstruktion der —. 211.
Wasserschöpfen, Verwendung der Rolle zum —. 212.
Wasserspülung, Aborte mit —. 444.
Wassersuchen nach Vitruv 431.
Wasseruhr des Ktesibios 229, 230, 231.
Wasserversorgung 415.
Wasserversorgung von Ninive 416.
Wasserversorgungsanlagen der Juden 417.
Wasserverteilung einer antiken Stadt 425, 432.

Digitized by Google

Wasserverteilung einer modernen Stadt 432.
Wau 184.
Weben 175, 176.
Weber 504, 505.
Webergewicht 176.
Weberkamm, ägyptischer 177, 178.
— rostartiger 178.
Weberschiff, römisches 177.
Weberschwert 176, 177.
Webstoffe, Walken der . 180.
Webstuhl 175, 176.
ägyptischer 176.
— der Penelope 176.
griechischer 176.
Wegemaß 505.
Wehrgang auf der Saalburg 305.
— römischer aus Flechtwerk 307.
Weidenbaum 73.
Weihetäfelchen 6.
Weihrauch bei der Mumienherstellung 131.
Weihwasserautomat des Hero 208, 210.
Wein, Aufbewahrung 107, 108.
Gärung 107.
Keltern 106, 107, 114.
Klären durch Filtrieren 107.
Transport 109.
Vergiftungen durch bleihaltigen . 109.
zur Brotbereitung 97.
Zusätze 108, 109.
Weinbereitung 106, 107, 108.
Weinfässer 108, 109.
Verkitten von . 109.
Weininfektionen 109.
Weinpressen 107, 108.
Weinreben als Fackeln 239.
Weinstock 106, 108.
Weißtanne 73, 491.
Weite der Hafeneinfahrten 513.
Weizenmehl 97.
Wenden der Schollen 87.
Wendischer Ringwall 285.
Werft 491.
Werkblei 14, 17, 22.
Werkzeug des Schiffszimmermanns 491.
Werkzeuge der Maurer 397, 398.
für Bergbau 6.
zum Fällen der Bäume 71.
zur Lederbearbeitung 80, 81, 82.
Wichelhaus 206.
Widderfelle zur Goldgewinnung 13.
Widerlager, Befestigungsmauern mit — . 290.
Widerlager, Lehrgerüste auf . 395.
Wiedemann 120.
Wiegand 319.
Wiegmann 201.
Wikingerschiff von Oseberg 23.
Wilde Seide 170, 171.
Wilkinson 35, 48, 79.
Winckelmann 255.
Winddüsen 26, 50.
Winde 219.
Windherd, vorgeschichtlicher 24.
Windkessel 232.
Windleitung 50.
Windofen mit Schacht 29.
Windpfeifen 28, 57, 61.
Winkelkreuz 397.
Winkelmaß 397, 491.
Wippresse 116.
Wirtel 173, 174.
Wohlgerüche aus Pflanzenölen 119.
bei der Mumienherstellung 131.
Technik der . 113, 119.
Wohlriechende Salböle 113, 117.
Wohngrube mit Herd 253.
Wohnhaus in Priene 319, 320.
Wölbung der Straßendecke 307.
Wolkenstein, Wasserrad bei . 232.
Wolle 171, 172.
Entfetten der . 179.
Gewinnung der . 172.
Wollfett 117.
Worfeln des Getreides 90, 91, 103.
Woyte 471.
Würze, Bereitung der für Bier 103, 105.
Wüstenstraßen mit Mauerschutz 458.

X

Xenophon 506.
Xerxes 470.
ξύθος 102.

Y

Yale-Schloß, römisches 341.
ὑπόζωμα 501.

Z

Zählapparat nach Heron 219.
nach Vitruv 220.
Zähne, Festbinden lockerer mit Metalldraht 41.
— Plombieren der . 34.
Zahnrad an Wassermühlen 97.
Zahnräder 206, 218, 219, 220.
Zahnung der Sägen 72, 76.
Zaine 35, 37, 45, 68.
Zange 206.
Zangen beim Gießen 57.
für Münzprägung 47.
zum Schmieden 50, 51, 52.
Zapfen an Türen 57, 318, 338.
eiserne an Mühlen 95.
für Türangeln 57.
Zapfhahn an Wasserleitungen 439.
Zapfenlager an Türen 338.
— der Drehtür von Tiryns 295.
Zea, Kriegshafen 513.
Zeder 73.
Zedernholzöl 129.

Digitized by Google

Zeitalter des Menschengeschlechts 11.
Zellenemail 67, 68.
Zeltförmiges Dach 385.
Zement 409.
Zenghelis 44.
Zentralheizungen 261.
Zentrumsbohrer 76, 77.
Zerquetschen der Oliven 115.
Zerreiben von Getreide 92, 93, 98, 103.
Zettelstrecker 176.
Zeugbaum 176.
Ziegel, assyrische und babylonische . . 136, 138.
- Porosität babylonischer . . 137.
- römische . . mit Stempeln 135, 405.
Ziegelarten, römische 333, 334, 405.
Ziegelbänder im Steinmauerwerk 392.
Ziegelbau 392.
Ziegelboden, römischer 391.
Ziegeldach, griechisches 385.
- römisches 333, 334.
Ziegeldächer zu Rom 282.
Ziegelei, Modell einer ägyptischen . 139.
Ziegelformen, ägyptische 139.
Ziegelgewölbe 392.
Ziegelherstellung 135, 404.
- in Ägypten 139.
Ziegelhintermauerung mit Verblendung 390.
Ziegelmosaik 313.
Ziegelpyramide des Königs Asychis 138.
Ziegelstempel 136, 405.
Ziegenfelle für Blasebälge 51.
Ziegenhaare zur Filzherstellung 185.
Ziegenwolle 171.
Ziehbrunnen 206, 417, 430.
Zierleder, römisches 83.
Zikkurat 350.
Zimmerleute 73, 76, 77.
Zink 20.
Zinkeisenlegierung 20.
Zinkhaltige Bronzen 20.
Zinkoxyd 20.
Zinkweiß 20.
Zinn, Löten mit . . 49.
Zinnguß 56.
Zinninseln 17.
Zinnlötung 438.
Zinnober 29, 122, 123, 195, 197.
Zinnober, künstlicher 197.
Zirkel 397.
Ziselieren 43, 48.
Ziselierhammer 68.
Zisterne im römischen Haus 322.
- von Tiryns 295.
Zisternen in Alexandria 424.
Zootzenwald bei Friesack, Ringwall im 285.
Zunder 238.
Zurichten der Felle in Ägypten 79.
Zurichten eines Bretts 77.
Zusammengesetzte Bogen 222, 223.
Zusammengesetzter Pflug 86.
Zusätze zum Purpur 193.
Zuschauerraum der Theater 357.
Zweiarm 226.
Zweimaster 499.
Zyaiten 503, 504, 506.
zythum 102.
Zykladengräber, Tonvase aus den . 145.
Zypressenholz für Türen 337.

Digitized by Google

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY
BERKELEY

Return to desk from which borrowed.
This book is DUE on the last date stamped below.

JAN 1 1956 LU

REC'D LD

DEC 3 1956

L D 21–100m–11,'49(B7146s16)476

UCSIT
Th
N
UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY
BERKELEY

Return to desk from which borrowed.
This book is DUE on the last date stamped below.

JAN 2 1956 LU

REC'D LD

DEC 3 1956

LD 21-100m-11,'49(B7146s16)476

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY
BERKELEY

Return to desk from which borrowed.
This book is DUE on the last date stamped below.

20Oct'51 LM F

JAN 2 1 1956 LU

16Nov'58PT

REC'D LD

DEC 3 1956

LD 21-100m-11,'49(B7146s16)476

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY